مدیریت آب و آبیاری
دوره ۱۱ ■ شماره ٤ ■ زمستان ۱٤۰۰
صفحه‌های ۸٦٦-۸٤٥
DOI: 10.22059/jwim.2022.331246.928

مقاله پژوهشی:

کاربرد فرایند مسکات برای ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه آبیاری و زهکشی گتوند

سپیده رحمتی[۱]، محمد جواد منعم[۲*]
۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی دانشگاه مشهد، مشهد، ایران، و دانشجوی دکتری، گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲. استاد گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۱۶

چکیده
محدودیت منابع آب و بهره‌وری پایین آب در بخش کشاورزی، به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب، ضرورت بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری را ایجاب می‌نماید. لذا یکی از اقدامات لازم، استفاده از رویکردی نظام‌مند و همه‌جانبه برای ارزیابی و بهبود عملکرد سامانه‌های آبیاری می‌باشد. رویکرد مسکات (MASSCOTE) روشی همه جانبه در ارزیابی سامانه‌های آبیاری در مقیاس متوسط تا بزرگ، از دیدگاه بهبود عملکرد تحویل آب می‌باشد. مسکات در چارچوب یک روش گام‌به‌گام به ارزیابی و تهیه برنامه‌های نوگرایی کمک می‌کند. در این پژوهش ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه آبیاری گتوند با استفاده از رویکرد مسکات انجام شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، مشارکت بهره‌برداران و تلفیق نظرات و خواسته‌های منطقی آن‌ها در مدیریت شبکه آبیاری و زهکشی گتوند، می‌تواند راه‌گشای حل بسیاری از مسائل شبکه باشد. ایجاد تشکل‌های آب‌بران، موجب کاهش مشکلات مرتبط با تخلفات برداشت آب و سهولت دسترسی به بهره‌برداران و تنظیم قراردادهای ایشان می‌شود. اصلاح شیوه مرسوم توزیع آب و جایگزینی آن با روش توزیع حجمی، ظرفیت مناسبی برای کاهش تلفات آب و ارتقاء بهره‌وری در شبکه ایجاد می‌کند. هم‌چنین با توجه به محاسبات صورت‌گرفته، آب ورودی، نشت و زهکشی شبکه به‌ترتیب ۱۲۰۹/۵، ۱۱۳/۲ و ۷۷۱ میلیون مترمکعب می‌باشند. لذا براساس بیلان آبی شبکه، میزان تبخیر-تعرق محصولات ۳۲۵ میلیون مترمکعب برآورد و سپس نیاز خالص آبیاری با استفاده از اطلاعات هواشناسی، ۳۸۹ میلیون مترمکعب محاسبه شد، که میزان تبخیر-تعرق محصولات نسبت به آن، ٦٤ میلیون مترمکعب کم‌تر می‌باشد. با توجه به نتایج مسکات، جهت بهبود عملکرد شبکه، محاسبه بیلان آبی و نیاز آبی محصولات، تغییر الگوی کشت و بهبود روش‌های آبیاری توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی مدیریت شبکه، خدمات تحویل آب، مدیریت بهره‌برداری و نگهداری، نوگرایی.

Application of MASSCOTE approach to evaluate and improve the performance of Gotvand irrigation and drainage network

Sepideh Rahmati[1], Mohammad Javad Monem[2*]
1. M. Sc. Graduate Department of Irrigation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, and Ph. D. Student, Department of Water Engineering and Management, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Professer Department of Water Engineering and Management, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
Received: September, 05, 2021 Accepted: January, 06, 2022

Abstract
Limited water resources and low productivity of water consumption in the agricultural sector, as the largest consumer of water, necessitate the improvement of the performance of irrigation networks. One of the necessary measures to do this is to use a systematic and comprehensive approach to evaluate and improve the performance of irrigation systems. The MASSCOTE approach is a comprehensive approach to modernizing medium to large-scale irrigation systems in terms of improving water delivery performance. MASSCOTE helps evaluate and prepare modernization programs in a step-by-step manner. In this research, the performance and improvement of Gotvand irrigation network was evaluated using the MASSCOTE approach. Based on the obtained results, the participation of users and the integration of their opinions and logical demands in the management of Gotvand Irrigation and Drainage Network, can be the solution to many network problems. Establishment of water utilities will reduce the problems associated with water abstraction violations, and make it easier for users to access and regulate their contracts. Modifying the conventional method of water distribution and replacing it with the volumetric distribution method creates a good capacity to reduce water losses and improve productivity in the network. Also, according to the calculations, the incoming water, leakage and drainage of the network are 1209.5, 113.2 and 771 million cubic meters, respectively. Therefore, based on the network water balance, the evapotranspiration rate of crops was estimated at 325 million cubic meters and then the net irrigation requirement was calculated using meteorological information, 389 million cubic meters, which is 64 million cubic meters less than the evapotranspiration rate. According to the results of MASSCOTE in order to improve the network performance, calculate the water balance and water requirement of crops, it is recommended to change the cultivation pattern and improve irrigation methods.

Keywords: Modernization, Network management evaluation, Operation and maintenance management, Water delivery services.

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

مقدمه

جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به دو میلیارد نفر افزایش می‌یابد. این افزایش جمعیت به‌طور خاص در کشورهایی رخ می‌دهد که در حال توسعه می‌باشند و دستیابی به رشد مدنظر اقتصادیشان مستلزم استفاده بیش‌تر از منابع طبیعی است. افزایش گرمای زمین نیز در ۲۵ سال آینده ادامه خواهد یافت که همه این‌ها تنش بیش‌تری به منابع آبی وارد می‌کنند (National Academies of Sciences, Engineering , and Medicine, 2018). سازمان خواروبار جهانی پیش‌بینی کرده است که طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۵، نرخ توسعه سامانه‌های آبیاری ۱٤ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین تولید غذا از طریق کشت آبی در این دوره، باید حداقل ٤۰ درصد رشد داشته باشد تا نیاز غذایی افزایش جمعیت ۳۳ درصدی و بهبود تغذیه جمعیت را تأمین نماید (Bahredar *et al*., 2004).

ضرورت ارتقای بهره‌وری آب در بخش کشاورزی علاوه بر اهمیت تأمین غذای جمعیت رو به رشد کشور، از منظر اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور و محدودیت منابع آب که در بسیاری از مناطق، کشاورزی بدون آبیاری (کشت دیم) را محدود و غیر اقتصادی ساخته است، اهمیت دارد. شبکه‌های آبیاری و زهکشی رکن اساسی در تأسیسات زیربنایی کشاورزی محسوب می‌شوند. در دهه‌های گذشته در سطح بین‌المللی برای ایجاد زیرساخت‌های آبیاری سرمایه گذاری‌های عظیمی صورت گرفته است که بسیاری از آن‌ها نه‌تنها موفق به بازگشت سرمایه هزینه‌شده برای ساخت نشده‌اند، بلکه در تأمین هزینه بهره‌برداری و نگهداری سالانه خود نیز ناتوان بوده و نیازمند یارانه‌های دولتی هستند. عملکرد بسیاری از سامانه‌های آبیاری بسیار کم‌تر از مقادیر موردانتظار آنهاست. عملکرد نامناسب سامانه‌های آبیاری سبب شده تا کاربران رغبتی در مشارکت در بهره‌برداری- نگهداری و پرداخت هزینه‌های آب‌بها نداشته باشند. این امر سبب کاهش درآمدهای سامانه آبیاری و کاهش مشارکت بهره‌برداران در نگهداری از سامانه، و به طبع آن فرسوده شدن بیش‌تر و کاهش بیش از پیش بهره‌وری و عملکرد سامانه خواهد شد (Malano & van Hofwegen, 1999).

اولین قدم در ارتقای بهره‌وری از هر طرح، ارزیابی آن است. هدف از ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری و زهکشی تأمین اطلاعات لازم و کافی برای سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان و مدیران بهره‌برداری است تا آن‌ها بتوانند با استفاده از این اطلاعات نسبت به تغییر، اصلاح و ارتقای عملکرد سامانه اقدام نمایند. ایجاد یک فرایند ارزیابی بازخوردی کارآمد، از یکسو این توانایی را به مدیریت طرح می‌بخشد تا بهترین ابزار و روش‌های بهره‌برداری را برگزینند، و از سوی دیگر ضعف‌های برنامه‌ریزی، طراحی و اجرایی را آشکار نموده و به یافتن راه‌حل رفع آن‌ها یاری می‌رساند.

روش‌های ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری به دو گروه عمده روش‌های نظری و کمی تقسیم می‌شوند. روش‌های نظری ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری عبارتند از: تجزیه تحلیل تشخیصی[۱]، ارزیابی سریع[۲] و ارزیابی چارچوبی[۳]. روش‌های نظری، چگونگی بررسی موضوع را به‌صورت توصیفی و تشریحی مطرح ساخته و به تعیین شاخص‌های کمی نپرداخته‌اند. روش‌های کمی با معرفی انواع شاخص‌ها توسط پژوهش‌گران در پروژه‌های مختلف و با اندازه‌گیری‌های میدانی یا شبیه‌سازی ریاضی انجام شد. ارزیابی‌های کمّی اولیه اگرچه با رفع برخی از محدودیت روش‌های کیفی، موجب بهبود روش‌های ارزیابی شده‌اند، اما عموماً برای شرایط خاص به‌کار گرفته شدند. برای توسعه روش‌های کمی، به تدریج روش‌های جامع ارزیابی که برای انواع شبکه ها قابل استفاده باشد ارائه شد. یکی از روش‌های جامع کمی روش کلاسیک است. در این روش عملکرد

شبکه با متوسط وزنی شاخص‌های کمی در بخش‌های مختلف آب، کشاورزی، مدیریتی، اجتماعی، اقتصادی و در مجموع برای کل شبکه گزارش می‌شود (Restrepo, 1983). مدل ارزیابی پاییز[4] بر مبنای روش کلاسیک در ایران ارائه شده است (Ghaheri *et al*., 2000). به‌دلیل پیچیدگی مسائل جهان واقعی و عوامل غیرقطعی و وجود خطا در ورودی‌ها و خروجی‌های مدل و هم‌چنین توصیفی‌بودن برخی از عوامل عملکرد، روش‌های ارزیابی فازی به‌کار گرفته شد. یکی دیگر از محدودیت روش‌های کمی عدم ارائه استانداردهای واقع‌بینانه و تعیین میزان بهبود قابل‌حصول بوده است. برای رفع این محدودیت روش‌های اریابی مقایسه‌ای[5] و تحلیل پوششی داده‌ها به‌کار گرفته شد. در روش مقایسه‌ای بالاترین عملکرد شبکه‌های مورد ارزیابی به‌عنوان استاندارد عملکرد در نظر گرفته می‌شود. در روش DEA[6] با استفاده از برنامه‌ریزی خطی، عملکرد بهینه از ترکیب عملکردهای واقعی شبکه‌های مورد ارزیابی، به‌عنوان استاندارد عملکرد در نظر گرفته می‌شود. در این روش میزان بهبود قابل‌حصول برای هر یک از شاخص‌ها و اولویت هریک از آن‌ها مشخص می‌شود (Khalkhali *et al*., 2008). Elshaikh *et al*. (2018) پژوهش‌های انجام‌شده پیرامون ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری را از نظر مفاهیم، چارچوب، و روش‌های ارزیابی بررسی نمودند. ایشان روش‌های ارزیابی را به چهار دسته ارزیابی فازی، اندازه‌گیری مستقیم، تحلیل سلسله مراتبی و سنجش از دور تقسیم کردند. ایشان اظهار داشتند که با وجود توسعه روش‌های مختلف ارزیابی هنوز روش مورد توافق عمومی برای ارزیابی جامع شبکه‌ها وجود ندارد. باوجود توسعه پژوهش‌های ارزیابی عملکرد طی سال‌های متمادی، با توجه به عدم ارتقای عملکرد شبکه‌ها در حد مورد انتظار، خلأ روش مؤثر و واحدی که مورد قبول عمومی باشد، احساس شد. ضرورت مقایسه عملکرد شبکه‌ها در سطح جهان و گسترش استفاده از تجربیات ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه‌ها، نیاز به توسعه یک روش جامع و مورد اجماع متخصصان، مدیران و کارشناسان که قابلیت کاربرد عمومی در سطح جهان داشته باشد را گوشزد نمود. برای رفع این کمبود فائو روش مسکات (MASSCOTE)[7] را توسعه داد که در نشریه ۶۳ فائو توسط Renault *et al*. (2007) معرفی شد. رویکرد مسکات براساس تجربه‌های زیاد حاصل از اجرای برنامه‌های نوگرایی آبیاری در کشورهای آسیایی در بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۶ توسعه داده شد، که در چارچوب یک روش گام به گام به تنظیم طرح برنامه‌های نوگرایی کمک می‌کند (Amiri Takaldani *et al*., 2014). این روش عملاً با ترکیب روش ارزیابی سریع و کلاسیک، ضمن تأمین سهولت ارزیابی جامع، امکان کاربرد شاخص‌های توصیفی و کمّی را فراهم می‌نماید. هدف اصلی از توسعه این روش جبران محدودیت روش‌های دیگر ارزیابی، و کاربردی‌نمودن نتایج ارزیابی در شبکه‌های آبیاری است. این رویکرد مجموعه‌ای از یکسری اقدامات برای تشخیص عملکرد و نقشه راه به‌منظور بهبود خدمات‌رسانی به مصرف‌کنندگان، و روش‌های بهبود مقرون به‌صرفه با فنون بهره‌برداری کانال‌ها را در برمی‌گیرد. در واقع مسکات از بهره‌برداری از کانال به طرف گزینه‌های مدیریتی (تفکیک سازمانی، سازماندهی و مدیریت خدمات محور) ارتقا می‌یابد. از نقاط قوت این روش، تبدیل تصمیات مدیریتی به خروجی‌های کاربردی و شفاف‌شدن عملکرد فعلی مدیریت می‌باشد. شبکه‌های مختلفی در سطح بین‌المللی با استفاده از روش مسکات ارزیابی شده‌اند. عملکرد شبکه آبیاری و زهکشی پاندره[8] در اندونزی با مساحت ۱۲۰۳ هکتار شالیزار آبی توسط مسکات موردبررسی قرار گرفت. با استفاده از روش مسکات و ارزیابی سریع، شاخص‌های اصلی خدمات تحویل آب، مصرف‌کنندگان آب و بهره‌وری شبکه محاسبه شد که پس از تجزیه و

تحلیل و نتایج به‌دست‌آمده، شاخص عملکرد خدمات تحویل آب شبکه در سطح خوب و موردانتظار قرار گرفت (Winardi *et al*., 2020). Bettili *et al*. (2019) جهت مدیریت منابع آبی شبکه آبیاری موبوکو[9] در اوگاندا، سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS)[10]، رویکرد مسکات و مدل MIKEHYRO را با هدف افزایش راندمان آبیاری و بهبود خدمات تحویل آب ادغام نمودند. در نهایت براساس الگوی کشت، داده‌های اقلیمی و بیلان آبی شبکه، سناریوهای مختلف ارائه گردید که نتایج آن‌ها نشان داد اولویت‌بندی عرضه خدمات و توزیع آب، به‌طور قابل‌توجهی کارایی شبکه آبیاری را افزایش می‌دهد. Ahmadizadeh *et al*. (2011) با استفاده از رویکرد مسکات عملکرد شبکه آبیاری و زهکشی دز در ایران با مساحت ۹۶۰۰۰ هکتار را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد که عرضه آب در شبکه فراوان است و نگهداری و بهره‌برداری آن در حد قابل‌قبول می‌باشد. اما راندمان آبیاری و دقت دستگاه‌های اندازه‌گیری پایین می‌باشد. لذا با توجه به موارد مذکور، توصیه‌های میان‌مدت و بلندمدت ارائه شد که عبارتند از تهیه بانک اطلاعات مدیریتی برای تجزیه و تحلیل در مورد بهره‌برداری و نگهداری شبکه و بهینه‌سازی تصمیم‌گیری‌ها، کالیبراسیون فلوم‌های کانال‌های درجه سه، بهبود تنوع محصولات منطبق با اقلیم جهت افزایش تولید و سازگاری بیش‌تر با افزایش دما و تنش آبی. Kumar *et al*. (2010) نیز با استفاده از رویکرد مسکات برای سیستم آبیاری سردا ساهایاک در هند، گزینه‌های نوسازی پیشنهاد دادند که عبارتند از احداث چاه‌های کم عمق، تشکیل تشکل‌های آب‌بران، نصب سازه‌های تنظیم جریان، نوسازی مقاطع کانال‌ها جهت کاهش تلفات آب. در نپال، کارگروه نوگرایی سامانه‌های آبیاری و توسعه ظرفیت مدیران آبیاری، با هدف مانع‌زدایی از ایجاد تشکل‌های آب‌بران و نوسازی سامانه‌های آبیاری نپال به ارزیابی سامانه‌های آبیاری این کشور با رویکرد مسکات پرداختند. ایشان برای بهبود وضعیت شبکه‌ها، به راه‌کارهایی از قبیل بهبود زیرساخت‌های آبیاری، اصلاح مدیریت انتقال آب، بهبود خدمات تحویل آب، ایجاد انطباق بیش‌تر بین منابع تأمین آب و تقاضا و افزایش عدالت در پایین‌دست شبکه با کنترل بهتر جریان به کانال‌های درجه دو، دست یافتند (FAO, 2006). در هند به‌منظور تدوین استراتژی بهسازی برای شماری از سامانه آبیاری از رویکرد مسکات استفاده شد. در فرایند ارزیابی از شبکه هماواتی[11] مشخص شد که عواملی از قبیل کشت محصولات پرمصرف مانند برنج و نیشکر، عدم کنترل سطح آب و دبی، فقدان سازه‌های اندازه‌گیری، بی‌عدالتی در توزیع آب، مدیریت و ارتباطات و حمل و نقل نامناسب، عوامل ناکارآمدی شبکه مذکور بوده (FAO, 2007a). در ارزیابی سامانه آبیاری می‌روت پرادش[12]، مشخص شد که نوسان سطح آب به‌دلیل خروجی‌های غیرمجاز، تأثیرات جدی توسعه شهرسازی بر سامانه آبیاری، عدم حساسیت کافی سازه‌های کنترل، بودجه ناکافی برای مدیریت بهره‌برداری و نگهداری، دلایل اصلی نارسایی شبکه است (FAO, 2008b; FAO, 2007c). سامانه آبیاری کریشنا در کارناتاکا[13] که مساحتی بیش از ۵۱۳ هزار هکتار را مشروب می‌سازد نیز با استفاده از روش مسکات ارزیابی شد. نقاط ضعف این شبکه عبارت بودند از الف- افزایش نشت و کاهش ظرفیت تأمین آب اراضی پایین‌دست در اثر تخریب بستر کانال و ب- بی‌عدالتی در توزیع آب به‌دلیل فقدان سازه‌های کنترل سطح آب در کانال اصلی. نقاط قوت این شبکه عبارتند بودند از الف- مناسب‌بودن عملکرد خروجی و محصولات کشاورزی، ب- پخش آب در تمامی سطوح حتی در طی دوره‌های خشکسالی، پ- توانایی تشکل‌های آب‌بران در مدیریت یک‌پارچه منابع آب، و ت- استفاده‌های چندگانه از آب (FAO, 2009; FAO,

2007b). Cherni-Čadro. *et al*. 2015 روش مسکات را برای ارزیابی حساسیت هیدرولیکی سامانه تحویل و توزیع آبیاری تحت فشار در بر روی شبکه آبیاری سینیسترا بارادانو[14] در جنوب ایتالیا به‌کار بردند و نقاط بحرانی شبکه را برای تمرکز عملیات بهره‌برداری به‌منظور تأمین کفایت و عدالت توزیع آب شناسایی نمودند(). طلعت با استفاده از رویکرد مسکات شبکه میت یزید[15] را در مصر مورد ارزیابی قرار داد و نشان داد که بخش‌های انتهایی شبکه عملکرد ضعیفی دارند. ایشان دلایل ضعف عملکرد و راه‌کارها و اثرات بهبود عملکرد را مورد بحث قرار داد (Talaat, 2018). Mumba *et al*. (2017) شبکه آبیاری بورا[16] در کنیا را با استفاده از رویکرد مسکات مورد ارزیابی قرار دادند. ایشان نشان دادند که با پوشش و اصلاح کانال‌ها و بهبود راندمان‌های آبیاری، بهره‌وری مصرف آب از ۷۰۵۶ کیلوگرم در مترمکعب آب، به ۱۸۹۱۰ قابل افزایش خواهد بود. سوابق موجود نشان می‌دهد که رویکرد مسکات روش مناسبی است که برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری در شبکه‌های مختلف در سطح جهان به‌کارگرفته‌شده و با استفاده از آن می‌توان راه‌کارهای مؤثر بهبود و ارتقای عملکرد را تعیین نمود. با وجود قابلیت‌های روش مسکات، متأسفانه این روش در ایران چندان مورد استفاده قرار نگرفته و لازم است با معرفی و کاربرد آن نسبت به اشاعه این روش در بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی اقدام نمود.

این پژوهش با هدف معرفی جنبه‌های مختلف روش مسکات و نقاط قوت و ضعف آن، و امکان استفاده از این روش در شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور انجام شده است. علاوه بر هدف فوق، ارزیابی عملکرد و ارائه راه‌کارهای مناسب بهسازی سامانه آبیاری و زهکشی گتوند با رویکرد مسکات موردنظر بوده است.

مواد و روش‌ها

در این بخش ابتدا منطقه مطالعاتی معرفی می‌شود. سپس با توجه به اهمیت مراحل و گام‌های مختلف روش مسکات، جزییات مراحل روش مسکات معرفی می‌شود. اطلاعات مورداستفاده در ارزیابی با انجام بازدیدهای میدانی، مصاحبه با مدیران، کارکنان و کشاورزان، تکمیل پرسش‌نامه‌های ارزیابی سریع، استفاده از بانک‌های اطلاعاتی موجود و تجزیه و تحلیل دفتری، در سال ۱۳۹۳ فراهم شد.

منطقه مطالعاتی

سامانه آبیاری و زهکشی گتوند جهت آبیاری سه شبکه گتوند، عقیلی و دیمچه واقع در شمال و غرب شهرستان شوشتر در سال‌های ۱۳۵۳ تا ۱۳۵۵ طراحی و اجرا شده است. آبگیری این شبکه‌ها از محل دریاچه سد تنظیمی ـ انحرافی گتوند است (شکل ۱). وسعت کل اراضی خالص زیر پوشش شبکه‌های آبیاری در حال حاضر بالغ بر ۳٤ هزار هکتار می‌باشد. برخی از مشخصات عمومی این سامانه در جدول (۱) ارائه شده است. ۹۰ درصد از سطح اراضی به زیر کشت پاییزه می‌روند. این نسبت در کشت بهاره ٤۰ درصد است. کشت غالب در منطقه دیمچه نیشکر، با متوسط کشت سالانه ۲۰ هزار هکتار و در سایر مناطق در فصل زمستان گندم و در فصل تابستان ذرت و ماش است. توزیع و تحویل آب در این سامانه براساس نیازهای روزانه کشاورزان که توسط بهره‌بردارن در روز قبل به مسئولین سد گتوند اطلاع داده می‌شود، صورت می‌گیرد. سپس مسئولین سد با توجه به کل نیازهای کشاورزان دریچه‌های سد را تنظیم می‌کنند. نمونه سازه‌های موجود در این شبکه عبارتند از دریچه‌های کشویی به‌عنوان آب بند، آبگیر و تخلیه کننده انتهایی، پارشال فلوم برای اندازه‌گیری جریان، و انواع سازه‌های انتقال از جمله چک دراپ، کالورت، سیفون، و سرریز.

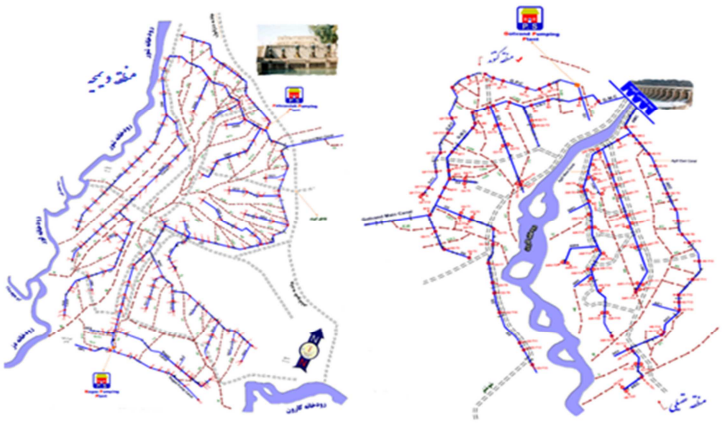

Figure 1. Gotvand irrigation and drainage network

Table 1. Specifications of Gotvand irrigation and drainage network

Irrigation network		Area of covered lands (hectares)		Capacity of the main canal	Length of the 1st and 2nd degree canals	Length of grade 1 and 2 drains	Length of service roads
		Gross	Net	m^3 / s	Km	Km	Km
Gotvand	Gotvand	6050	4500	92	56.6	59.5	91.2
	Aghili	6120	4500	12	44.5	37.2	89
	Deimcheh	31760	25000	43 , 38	178.8	245.7	355.9
Sum		37000	34000	104	280	342.4	536.1

معرفی روش مسکات

عمده اطلاعات ارائه‌شده برای معرفی روش مسکات در این بخش نشریه شماره ٦٣ فائو که توسط Renult *et al.* (2007) تهیه شده نقل می‌شود. مسکات یک روش گام به گام (شکل ۲) برای ارزیابی و بهسازی سامانه‌های آبیاری با مقیاس متوسط تا بزرگ است. مراحل این روش به دو بخش الف- اطلاعات پایه و ب- چشم‌انداز خدمات آبیاری و طرح نوگرایی برای بهره‌برداری از کانال‌ها تقسیم می‌شود. اطلاعات پایه، بر ارزیابی سریع (RAP)[۱۷]، ظرفیت و حساسیت سامانه، اختلال‌های جریان، بیلان آبی و هزینه‌های بهره‌برداری متمرکز می‌شود. چشم‌انداز خدمات آبیاری و طرح نوگرایی، به خدمات‌رسانی به مصرف‌کنندگان و ارائه گزینه‌های بهسازی می‌پردازد. تجزیه و تحلیل این مراحل به یک چشم‌انداز یکپارچه از آینده مدیریت سامانه و یک برنامه عملی برای نوگرایی تدریجی مدیریت آبیاری و بهره‌برداری از کانال‌ها منتهی می‌شود. روش مسکات در پی تولید ارائه راه‌حلی مناسب برای چگونگی مدیریت آبیاری و بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری است، به گونه‌ای که کارایی را ارتقا بخشیده و خدمات بهتری را به مصرف‌کنندگان ارائه کند. تمرکز مسکات بر روی بهره‌برداری از کانال‌های آبیاری است و هدف کلی آن نوگرایی در مدیریت بوده و مصرف‌کنندگان بازیگران اصلی آن هستند. گام‌های فرایند مسکات، که هر یک با تکمیل کاربرگ‌های مربوط در صفحات به‌هم پیوسته اکسل انجام می‌شود و محاسبات را به‌صورت خودکار به‌روز می‌کند، در ادامه معرفی می‌شوند.

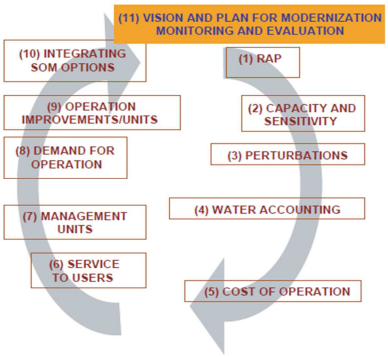

Figure 2. The steps of the MASSCOTE approach (Renault *et al.*, 2007)

گام ۱: فرایند ارزیابی سریع

ارزیابی سریع اولین گام اساسی در روش مسکات است. این فرایند شامل برنامه کوتاه‌مدت (یک تا دو هفته) جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات ستادی و میدانی می‌باشد. در این روش داده‌های بیرونی مانند منابع تأمین آب تا وضعیت آب در مزرعه مانند تبخیر-تعرق و رواناب سطحی بررسی می‌شوند (Gharavi *et al*., 2001). ارزیابی سریع دارای ۱۱ کاربرگ است که عناوین و شرح مختصر آن‌ها در جدول (۲) بیان شده است. کاربرگ‌های مربوط از آدرس اینترنتی زیر قابل‌دسترس است (http://www.fao.org/home/search/en/?q=RAP).

اطلاعات موردنیاز این گام از قبیل سطح زیر کشت، میزان جریان آب ورودی به شبکه، اطلاعات هواشناسی، اعتبارات مالی، تعداد کارکنان و ... از مدیریت شبکه اخذ و یا به‌صورت میدانی جمع‌آوری شد.

گام ۲: ظرفیت شبکه و حساسیت آن

در این گام مشخصه‌های کانال‌ها از نظر هیدرولیکی مانند ظرفیت انتقال، کنترل تراز سطح آب، ظرفیت آبگیری، ظرفیت تقسیم، ظرفیت ذخیره و حساسیت سازه‌های آبی به تغییرات سطح و جریان آب ارزیابی می‌شود. بدین منظور اطلاعات مورد اشاره از طریق بازرسی از کانال‌ها و یا مصاحبه با مدیران و بهره‌برداران جمع آوری شد. حساسیت سازه‌های آبی طبق نشریه فنی فائو تهیه‌شده توسط Renult (2008) محاسبه شده است.

گام ۳: مدیریت نوسانات آب

نوسان جریان آب یک حالت مستمر در کانال‌های آبیاری است که به‌وسیله سازه‌های نصب‌شده در کانال، و با تغییرات خواسته و یا ناخواسته در جریان‌های ورودی و خروجی ایجاد می‌شود. بنابراین اگر نوسانات اجتناب‌ناپذیر هم نباشند، داشتن اطلاعات از منشأ آن‌ها، میزان و مشخصات آن‌ها ونحوه مدیریت آن‌ها لازم است. در این سامانه به‌دلیل تنظیمی‌بودن منبع تأمین آب، نوسانات اصلی در مخزن سد آرام شده و به شبکه انتقال پیدا نمی‌کند. البته گاهی نوسانات محدودی در طول کانال‌های سامانه اتفاق می‌افتد.

گام ٤: مدیریت شبکه و بیلان آب

هدف از این گام برآورد مقادیر ورودی و خروجی، احجام و زمان‌بندی جریان‌ها در نقاط ورودی یا خروجی از اراضی تحت پوشش شبکه است. بیلان آبی سامانه نه تنها برای رسیدن به‌کارایی بالا، بلکه برای ملاحظات زیست‌محیطی مانند جلوگیری از شوری و ماندابی‌شدن اراضی نیز مهم است.

Table 2. List of rapid appraisal worksheets

Excel worksheets	Description of worksheets
Input - water balance	crops, irrigation water salinityplant coefficients, water supply, rainfall, …
External indicators	Automatic calculation of monthly and annual values of different water supply indicators
Project office questions	General conditions of the system, water supplysystem management and water delivery services, …
Project employees	Employee skills, motivation, dismissal and job description
WUA	The extent of their authority, credentials, duties, and responsibilities
Main canal	flow control, general canal specifications, routing rules, outputs, communications, …
Second level canals	Similar to the main canal information
Third level canals	Similar to the main canal information
Final deliveries	Level of water delivery service to specific units at the last point of delivery by recruitment personnel
Internal indicators	Summary of internal indicators calculated in the previous worksheets and weighting them in the main and sub-canals to evaluate the level of services in the network
IPTRID indicators[18]	Includes indicators of the International Institute of Technology and Research on Irrigation and Drainage (data are calculated from previous worksheets, such as water available to users, number of users, etc.)
World Bank BMTI indicators	This worksheet, in addition to the worksheet, provides the final summary indicators for execution

تخمین مناسب اجزای بیلان آبی، پیش‌نیاز ایجاد یک بستر مدیریتی مناسب با سازوکار حسابداری آب است. میزان آب‌های ورودی از منبع، بارندگی و آب زهکشی از بانک اطلاعاتی شرکت بهره‌برداری گتوند دریافت شد. میزان نشت در این شبکه اندازه‌گیری نمی‌شود، اما براساس اظهار مدیران و کارشناسان شبکه، میزان نشت ۱۰ درصد کل ورودی به شبکه در نظر گرفته شد. تبخیر تعرق محصولات شبکه از طریق اطلاعات به‌دست آمده از کاربرگ اول ارزیابی سریع محاسبه شد.

گام ۵: مدیریت هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری

در این گام به بررسی و جداسازی اجزای موجود در هزینه، و بررسی گزینه‌های مختلف هزینه‌ای برای سطوح مختلف خدمات با فناوری‌های جاری و یا بهبود یافته پرداخته می‌شود. بررسی هزینه‌ها موجب تنظیم سطوح خدمات، مشخص‌شدن هزینه واقعی خدمات و قیمت‌گذاری آب و بهبود عملکرد می‌شود. به‌عبارت دیگر، این گام به روشن‌شدن دقیق هزینه‌های بهره‌برداری و اجزای آن می‌انجامد. با توجه عدم ارائه اطلاعات حقوق پرسنل، این اطلاعات براساس تعداد، مدرک تحصیلی و سابقه خدمت پرسنل برآورد شد. اطلاعات جمع‌آوری‌شده شامل هزینه‌های حقوق کارکنان، حمل و نقل، ارتباطات و هزینه‌های اداری می‌باشد.

گام ٦: ساماندهی ارائه خدمات به کشاورزان

در گام ششم، کلیه خدمات ارائه‌شده به مصرف‌کنندگان مختلف و هزینه‌های مربوط ارزیابی می‌شود. طراحی و ارزیابی خدمات برای تحلیل بعدی فرصت‌های نوگرایی لازم بوده و تحلیل اقتصادی در گام‌های بعدی انجام می‌شود. در این گام لازم است ابتدا آب تحویلی به کشاورزان و نیاز آن‌ها مقایسه شود. اطلاعات آب تحویلی به کشاورزان از مدیریت شبکه اخذ و نیاز آبی محصولات کشاورزی نیز براساس سند ملی نیاز آبی محاسبه شد. علاوه بر شاخص فوق کیفیت خدمات به کشاورزان را می‌توان با شاخص‌هایی از قبیل، انعطاف‌پذیری و اعتمادپذیری نیز مورد بررسی قرار داد.

گام ۷: ترسیم مدیریت واحدها

سامانه‌های آبیاری به‌طور معمول به مصرف‌کنندگان زیادی خدمات‌رسانی می‌کنند. بنابراین لازم است برای ارائه خدمات بهتر، سامانه به چند واحد کوچک‌تر مدیریت‌پذیر تقسیم شود. زیرسامانه‌ها باید معرف منطقه‌ای باشند که در آن ارائه خدمات معینی مورد توافق قرار گرفته است. در هر زیرسامانه باید بین شبکه فیزیکی/ هیدرولیکی و منابع مدیریتی/ نهادی یک انطباق و تفاهم کاری وجود داشته باشد. به‌منظور بهبود عملکرد سامانه گتوند به‌دلیل مدیریت ناکافی و عدم وجود تشکل‌های آب‌بران مدیریت شبکه به سه زیرسامانهٔ الف- مدیریت سیستم انتقال، ب- مدیریت سیستم توزیع و پ- تشکل‌های آب‌بران تقسیم‌بندی شد.

گام ۸: مدیریت تقاضا برای بهره‌برداری

هدف از این گام بررسی منابع، فرصت و تقاضا برای بهبود بهره‌برداری از کانال است. بررسی نیازهای بهره‌برداری باید در راستای ارائه خدمات به مصرف‌کنندگان انجام شود. ارائه خدمات به سه عامل به شرح زیر بستگی دارد. الف- خدمات که مشخص‌کننده اهداف هستند، ب- نوسانات آب که بیانگر محدودیت‌های بهره‌برداری از سامانه می‌باشد و ج- حساسیت که مشخص می‌کند سامانه با چه سرعتی به نوسانات واکنش نشان می‌دهد. بنابراین تقاضا برای بهره‌برداری برابر است با حاصل‌ضرب سه عامل خدمات، نوسان و حساسیت. روشن است که هرچه حساسیت، نوسانات آب و تقاضا برای خدمات بیش‌تر باشد، تقاضا

برای بهره‌برداری از کانال بیش‌تر است. در این سامانه به‌دلیل نوسانات کم جریان و حساسیت کم سازه‌ها (که از نوع دریچه‌های کشویی مستطیلی، زیرگذر می‌باشند)، عامل اصلی تأثیرگذار بر تقاضا سطح خدمات است.

گام ۹: طرح‌ریزی گزینه‌ها برای بهبود بهره‌برداری از کانال

در این گام با توجه به گام‌های قبل گزینه‌هایی برای بهره‌برداری از کانال در راستای بهبود ارئه خدمات به مصرف‌کنندگان، بهینه‌کردن هزینه بهره‌برداری، حداکثر بهره‌وری مصرف آب و یکپارچه‌سازی مصارف چندگانه آب مطرح می‌شود. گزینه‌های بهبود برای هر زیرواحد، براساس مدیریت آب، کنترل آب و بهره‌برداری از کانال تهیه می‌شود. اهدافی که این گزینه‌ها بر آن اساس تدوین می‌شوند عبارتند از:

- بهبود عرضه خدمات آب به مصرف‌کنندگان کشاورزی
- افزایش عملکرد بهره‌برداری در ارائه خدمات از یک سطح به سطح پایین‌تر
- بهینه کردن هزینه بهره‌برداری
- افزایش اثربخشی هزینه فرایندهای موجود
- بهبود مدیریت و بهره‌وری آب (حداکثرکردن استفاده تلفیقی از آب)
- جامع‌نگری به مصارف چندگانه آب (مدیریت یک‌پارچه منابع آب)

گام ۱۰: جامع‌نگری در ارائه گزینه‌های مدیریت خدمات‌محور

بهبود مدیریت و بهره‌برداری یک سامانه، نیازمند جامع‌نگری در مدیریت و هم‌پوشانی اجزای آن می‌باشد. یکی از مزایای روش مسکات، جامعیت آن است که منبعث از تکرار در بررسی روش‌های مدیریتی و راه‌حل‌های مستخرج از ارزیابی‌ها است. بنابراین این روش می‌تواند در زیرواحدها انجام شود تا بتوان به پیش‌بینی‌های دقیق‌تری از ظرفیت سامانه برای خدمات‌رسانی و ظرفیت کاربران برای افزایش هزینه‌ها برای بهبود بهره‌برداری و خدمات دست یافت. به‌عبارت دیگر، در این گام گزینه‌های بهبود برای زیرواحدها و هزینه‌های مربوطه هر کدام نهایی می‌شوند. در انتهای این گام، گزینه‌ها مختلف بهبود برای کل اراضی موردنظر تحت پوشش کانال اصلی یکپارچه می‌شوند.

گام ۱۱: برنامه‌ای برای نوگرایی

برای بهبود و نوگرایی سامانه‌های آبیاری باید نسبت به اولویت گزینه‌های مختلف بهبود تصمیم‌گیری شود. ارائه یک طرح نوگرایی که همه جوانب آن بررسی و اجرا شده باشد، مستلزم صرف زمان قابل‌توجهی است. ترکیب فرایند ارزیابی سریع و مسکات کمک مؤثری در تعیین اولویت گزینه‌ها و کاهش زمان برای شناخت عملکرد جاری و پیشنهاد طرح نوگرایی سامانه آبیاری می‌باشد. معهذا پیاده‌سازی برنامه نوگرایی، فرایندی طولانی و تکرارشونده است. در این پژوهش ارزیابی سریع در مدت کوتاهی اجرا شد و فرایند مسکات هم در مدت زمان حدود یک ماه صورت گرفت. اما ارائه یک طرح نوگرایی کامل، طولانی‌تر است و احتمالاً ماه‌ها طول می‌کشد تا همه جوانب آن تدوین شود (شکل ۳). لذا مدیران ارشد باید براساس شاخص‌هایی از قبیل سودآوری، یا سهولت ارائه خدمات، تصمیم بگیرند که بر کدام گزینه‌ها و راهبردهای بهبود تأکید شود.

Figure 3. Embedded nature of the RAP and MASSCOTE (Renult *et al*., 2007)

نتایج و بحث

نتایج گام ۱: فرایند ارزیابی سریع

همان‌طور که ذکر شد، فرایند ارزیابی سریع دارای ۱۱ مرحله است که در قالب کاربرگ‌های مربوط انجام می‌شود. کاربرگ‌ها به‌صورت جدول‌های اکسل مرتبط با یکدیگر طراحی شده‌اند که با ورود اطلاعات مورد نیاز، به‌صورت خودکار محاسبات را به‌روز می‌نمایند. در ادامه نتایج به‌دست‌آمده هریک از کاربرگ‌های ارزیابی سریع ارائه شده و مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

کاربرگ ورود داده‌ها

بعد از تکمیل جدول‌ها این کاربرگ با داده‌های جمع‌آوری‌شده از شبکه، اطلاعاتی از جمله باران مؤثر و نفوذ عمقی آن، تبخیر تعرق ماهانه، آب‌های سطحی واردشده به محدوده اراضی و منابع داخلی آب‌های سطحی، مساحت اراضی تحت پوشش هر محصول در هر ماه و مقادیر محصول و ارزش آن، و نیازهای زراعی ویژه به‌دست آمده است. با توجه به حجم وسیع داده‌ها و محاسبات، صرفا برخی از آن‌ها در جدول (۳) ارائه شده است.

کاربرگ شاخص‌های بیرونی

در این کاربرگ، مقادیر ماهانه و سالانه شاخص‌های تأمین آب براساس مقادیر کاربرگ‌های دیگر به‌صورت خودکار محاسبه می‌شود. در جدول (٤) برخی از مقادیر محاسبه‌شده در این کاربرگ را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال شاخص اول (جریان آب آبیاری از خارج اراضی تحت پوشش) براساس داده‌های جدول (۳) (آب‌های سطحی ورودی از خارج اراضی به سامانه) کاربرگ اول که با توجه به داده‌های جمع‌آوری‌شده از شرکت بهره‌برداری تکمیل شده بود، محاسبه می‌شود.

کاربرگ سؤالات دفتری سامانه

در این کاربرگ دست‌مزد، تعداد کارکنان و سیاست‌های مکتوب و خدمات تحویل با توجه به اطلاعات موجود و مصاحبه‌های صورت گرفته، تکمیل شد. بعضی از شاخص‌ها (مانند کفایت راهبری و نگهداری) به‌صورت خودکار براساس پاسخ‌های قبلی محاسبه می‌شود. با توجه به محرمانه‌بودن اطلاعات حقوق پرسنل، حقوق و دست‌مزد کارکنان براساس قوانین تأمین اجتماعی، سنوات خدمت و مدرک تحصیلی آنان برآورد شد.

Table 3. Some information obtained from the first worksheet of rapid assessment in Gotvand network

Variable \ Month	Farvardin	Ordibehesht	Khordad	Tir	Mordad	Shahrivar	Mehr	Aban	Azar	Dey	Bahman	Esfand	yearly
Water requirements (mm)	240	346	447	421	404	360	288	180	135	77	112	191	3201
Inlet surface water (MCM)	89	143	149	153	145	117	56	34	22	43	57	99	1106
Effective rainfall (mm)	34	0	0	0	0	0	37	34	52	8	48	14	228

Table 4. External indicators of Gotvand irrigation system

External Indicators	Value
Irrigation water flow from outside covered lands (MCM)	1209.5
Effective rainfall on covered lands (mm)	228
Irrigation water delivered to users (MCM)	1132
System water delivery efficiency (%)	90
Evapotranspiration of covered lands (MCM)	325
Total Net Irrigation Water Requirement (MCM)	389

کل نیروهای انسانی مشغول به‌کار در شرکت بهره‌برداری گتوند در حال حاضر ۳۰٦ نفر بوده که ٦٥ نفر آن‌ها نیروی شرکتی و مابقی (۲٤۱ نفر دیگر) نیروی پیمان‌کاری هستند. از ٦٥ نفر نیروی شرکتی نیز تعداد پنج نفر آن‌ها دیپلم، شش نفر فوق دیپلم، ٤٥ نفر لیسانس و پنج نفر آن‌ها فوق لیسانس دارند. سؤال‌های مربوط به سیاست‌های مکتوب بهره‌برداری روزانه شبکه گتوند، پس از بازدید و مصاحبه با بهره‌برداران و کشاورزان تکمیل شد، بدین صورت که برخی از سؤالات با بله و خیر و برخی دیگر بین یک تا ۱۰ (یک بدترین حالت و ۱۰ بهترین حالت) پاسخ داده شد. برخی از نمونه سؤال‌ها در جدول (٥) آمده است.

خدمات تحویل آب در شبکه گتوند از۰ تا ٤ (صفر بدترین و چهار بهترین حالت) براساس سؤال‌های پاسخ داده‌شده در مصاحبه توسط کارکنان، بهره‌بردارن و کشاورزان درجه‌بندی شدند. به‌عنوان مثال برای شاخص عدالت در تمام نقاط کانال‌ها با توجه به بازدید و مصاحبه‌های صورت‌گرفته، درجه صفر تعیین شد، بدان معنی که بیش از ۲٥ درصد نقاط تحویل در کانال‌ها، خدماتی کم‌تر از میانگین دریافت می‌کنند.

کاربرگ کارکنان سامانه

سؤال‌های ارزیابی کیفی از وضعیت کارکنان شبکه گتوند شامل آموزش کارمندان، دسترسی کارمندان به قوانین اجرایی، قدرت تصمیم‌گیری کارمندان، توانایی شرکت بهره‌برداری برای اخراج و پاداش کارمندان با دادن امتیاز صفر تا چهار، پس از بازدید و مصاحبه پاسخ داده شد. برخی عناوین این سؤالات همراه با درجه‌بندی آن‌ها در جدول (٦) آمده است.

Table 5. Gotvand network operation instructions

Weekly or daily instructions of Gotvand Exploitation Company to operators and employees	
Question	Answer
Are there weekly or daily guidelines for output streams? (Yes - No)	Yes
Are output streams predicted by a computer program? (Yes - No)	No
Rate of follow-up instructions at source level at field level (1-10) *	3
Are there weekly or daily guidelines for regulators? (Yes - No)	No
Are regulator currents predicted by a computer program? (Yes - No)	No
Rate of compliance with farm-level regulator instructions (1-10) *	3
Are there weekly or daily guidelines for water levels in the canals? (Yes - No)	Yes
Are the water levels in the canals predicted by a computer program? (Yes - No)	No
Rate of following water level instructions at farm level (1-10) *	5

***1: They do not follow - 10: They follow completely**

Table 6. Worksheet indicators of Gotvand network employees

Qualitative evaluation of Gotvand system employees		
	Questions	Degree
Staff training	4- Adequate training in all areas for all employees 3- Adequate training in all fields for managers 2- Required training in all areas for some employees 1. Minimum training for employees 0-No training program	2
The ability of the operating company to lay off employees	4- Dismissing employees is easy and has a short process 3- Dismissing employees is easy, but it has a long process 2. Dismissal of employees is not common. Sometimes they are fired due to their lack of work 1- Dismissal of employees is rare and the reason is not due to lack of staff 0 - Employees are never fired	1
Employee rewards	4. There are annual bonuses and promotions for a significant number of employees 3- There are bonuses and promotions for a number of employees 2- There are rewards and promotions based on the length of service 1. Sometimes they give little reward to the employees 0 - No bonus for employees	2

کاربرگ تشکل آب‌بران

در شبکه آبیاری گتوند تشکل آب‌بران رسمی و قانونی وجود ندارد تا بتوان به سؤال‌های این کاربرگ پاسخ داد. اما در سال ۱۳۹۲ شرکت بهره‌برداری گتوند تصمیم به ایجاد تشکل‌های آب‌بران گرفت و اولین قرارداد را با تعدادی از افراد محلی منعقد کرد، به‌طوری‌که یک تشکل در سامانه گتوند و دو تشکل در سامانه عقیلی به‌صورت غیررسمی تشکیل شد، اما متأسفانه حقوق و دست‌مزدی از طرف شرکت بهره‌برداری گتوند دریافت نکردند. این تشکل‌ها وظیفه توزیع آب از کانال‌های درجه یک به کانال‌های درجه دو، اخذ قرارداد بین شرکت بهره‌برداری و کشاورزان و دریافت آب‌بها از کشاورزان را بر عهده دارند.

کاربرگ‌های کانال اصلی، کانال‌های درجه دو و درجه سه

این کاربرگ‌ها که با هم مشابه هستند با اطلاعات جمع‌آوری‌شده و مشاهدات پس از بازدید از شبکه گتوند، تکمیل شدند. البته در برخی از شبکه‌های نه‌چندان بزرگ، کاربرگ کانال‌های درجه سه تکمیل نمی‌شود، اما در شبکه گتوند که دارای ٦٧٧ کیلومتر کانال‌های درجه سه می‌باشد، این کاربرگ هم به‌طور کامل تکمیل شد. اطلاعاتی که در این کاربرگ‌ها تکمیل شد عبارتند از شرایط عمومی کانال‌ها، خصوصیات کانال‌ها، کنترل جریان، تنظیم‌کننده‌ها و آبگیرهای موجود، شرایط حمل و نقل و ارتباطات، خدمات تحویل آب و بهره‌برداری. شاخص‌های محاسبه‌شده در کاربرگ کانال‌ها که به تفکیک کانال‌های اصلی، درجه دو و درجه سه که تعیین شده‌اند عبارتند از سطح نگهداری از کانال‌ها، نشت نامطلوب، در دسترس بودن ابزارهای نگهداری، سهولت بهره‌برداری تنظیم‌کننده‌ها، سطح نگهداری تنظیم‌کننده‌ها، قابلیت برقراری ارتباط بین بهره‌برداران، وجود و تناوب پایش از دور و دسترسی جاده‌های سرویس در طول کانال. مانند کاربرگ‌های قبل این شاخص‌ها براساس بازدید و مصاحبه‌های صورت گرفته درجه‌بندی و محاسبه شده‌اند. در جدول (۷) نمونه‌ای از شاخص‌های تعیین شده ارائه شده‌اند.

کاربرگ تحویل نهایی آب

در این کاربرگ به سؤال‌هایی در مورد خدمات واقعی تحویل آب در سامانه پاسخ داده شده است. خدمات تحویل از صفر (بدترین حالت) تا چهار (بهترین حالت) درجه‌بندی گردید. نمونه‌ای از این شاخص‌ها شامل تعداد مزارع پایین‌دست، اندازه‌گیری حجم آب تحویلی، انعطاف‌پذیری، اعتمادپذیری و عدالت در جدول (۸) ارائه شده است.

Table 7. An example of the indexes of worksheets 8 to 10 of Gotvand system

	Indicators	Main canal	Second level canals	Third level canals
Maintenance level of the channel bed	4- Excellent 3- Good - but they are not very clean 2- It is not enough to prevent the reduction of maintenance channel performance 1- Inadequate maintenance. Decreased performance is evident in less than 30% of the channel 0 - The canals are almost not maintained and need to be repaired	3	3	2
Ease of operation of regulators	4- Very easy to operate and hardware, fast, on the move or automatically 3- Easy to operate but requires manual intervention to move hardware 2- Hard operation and the need for more than 5 changes in hardware 1- Operation is very difficult and in some hardware it is impossible to change 0- Excessive operation and change in hardware is impossible	3	3	3
Access service roads along the canal	4- Access is very good and on one side of the canals is the car road 3- Good access and at least on one side of the canals, the car road 2- Rough access roads of cars in a canal 1- Access roads for the engine on one side of the canals 0- No access road on either side of the canals	3	3	3

Table 8. Final delivery worksheet indicators

Real services provided by employees downstairs		
	Questions	Degree
Measure the delivery volume	4- Measurement and control devices in excellent level and proper operation 3- Measurement and control devices at an acceptable level and moderate operation 2- Useful but measuring volumes and current intensity is weak 1- Measuring currents is appropriate but measuring volumes is inappropriate 0- Do not measure volumes and flows	0
Flexibility	4- Without limitation of frequency, intensity and duration of flow 3- Frequency, intensity and duration of constant current 2- Command to rotate flow but strictly according to the needs of the product 1- Rotational flow delivery but its planning is inaccurate 0-No rules for delivery flows	1
Equity	4- All points within the network and grade 3 units receive the same water delivery services 3- Network lands receive the same amount of water but in a range of services is unfair 2- Network lands receive different amounts of water but are within a fair range of services 1- The level of justice in delivery services is moderate between lands and within lands 0- Differences in delivery services at the network level are more than 50%	1

کاربرگ شاخص‌های درونی

شاخص‌های درونی شبکه گتوند در هر یک از کانال‌های اصلی و فرعی (جدول ۹) که در کاربرگ‌های پنج تا ۱۱ تکمیل می‌شود، به‌طور کمّی فرایندهای داخلی (ورودی‌ها [منابع استفاده‌شده] و خروجی‌ها [ارائه خدمات به مصرف‌کنندگان]) را ارزیابی می‌کنند. شاخص‌های درونی به روش‌های بهره‌برداری، مدیریت وتنظیم سازمانی، سخت‌افزار سامانه، خدمات آبرسانی ارائه‌شده و ... مرتبط هستند. این شاخص‌ها برای درک جامع فرایندهایی که خدمات تحویل آب و عملکرد کل سامانه را تحت تأثیر قرار دهد مورداستفاده قرار می‌گیرند. اطلاعات این کاربرگ توسط شاخص‌های انعطاف‌پذیری، اعتمادپذیری و عدالت که قبلاً در کاربرگ ۱۱ (کاربرگ تحویل نهایی) تکمیل شده، محاسبه می‌شوند، در واقع متوسط وزنی این سه شاخص براساس وزن‌هایی که در این کاربرگ برای آن‌ها در نظر گرفته‌شده از صفر تا چهار درجه‌بندی می‌شوند.

کاربرگ شاخص‌های مؤسسه بین‌المللی فناوری و تحقیق در آبیاری و زهکشی (IPTRID)

اطلاعات این کاربرگ، از کاربرگ‌های قبلی محاسبه می‌شود که نمونه‌ای از آن‌ها در جدول (۱۰) خلاصه شده است. در واقع بعضی از اطلاعاتی که در فرایند ارزیابی سریع جمع‌آوری می‌شود، در کمّی‌کردن شاخص‌های مختلف در روش "ارزیابی مقایسه‌ای" که توسط IPTRID پیشنهاد شده، استفاده می‌شود. اکثر شاخص‌های IPTRID، در قالب شاخص‌های بیرونی طبقه‌بندی می‌شوند، در حالی‌که شاخص‌های ارزیابی سریع، شامل دو مجموعه شاخص‌های بیرونی و درونی می‌باشند.

کاربرگ شاخص‌های بانک جهانی

در این کاربرگ، شاخص‌های فنی شبکه آبیاری گتوند مربوط به روش ارزیابی مقایسه‌ای محاسبه شده است (جدول ۱۱).

نتایج گام ۲: طراحی ظرفیت سامانه و حساسیت سازه‌های آن

در ارزیابی، باید یک قضاوت منطقی در خصوص انجام وظایف اصلی شبکه صورت گیرد. هم‌چنین نقاط ضعف سازه‌ای عمده باید به‌عنوان بخشی از فرایند طرح نوگرایی در نظر گرفته شود. طرح نوگرایی نمی‌تواند بدون توجه به فرسودگی، تخریب، یا عملکرد نادرست زیرساخت‌ها، با موفقیت اجرا شود. لذا ظرفیت و کارایی شبکه گتوند برای هر یک از سازه‌های آن، با توجه به‌کارایی، ظرفیت و سهولت بهره‌برداری محاسبه شده است. سازه‌های اصلی مورد بررسی عبارتند از مولینه و دستگاه آرین در ابتدای

ورودی کانال گتوند، مولینه و دستگاه آرین در ابتدای ورودی کانال عقیلی، دریچه کانال اصلی گتوند و دریچه کانال اصلی عقیلی. علاوه بر آن‌ها نمونه‌هایی از سازه‌های انتقال و توزیع، آب‌بند و آبگیر و جاده‌های سرویس در امتدادکانال‌های درجه یک، دو و سه نیز مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به داده‌های جمع‌آوری‌شده، وضعیت و خصوصیات زیرساخت‌های سامانه به‌صورت زیر می‌باشد.

ظرفیت انتقال

در کانال‌های اصلی به‌دلیل شکل مناسب و عدم رشد علف‌های هرز، ظرفیت انتقال در حد قابل قبول است. در برخی از قسمت‌های کانال‌های درجه دو و سه نگهداری نامناسب مشهود است، در صورت انجام ندادن لایروبی کانال‌ها، بیش‌تر شدن تجمع رسوبات و رشد علف‌های هرز موجب کاهش ظرفیت انتقال خواهد شد.

انحراف و توزیع آب

سازه‌های انحراف و توزیع آب در این شبکه به درستی و در مکان مناسب تعبیه شده‌اند، اما کنترل و نگهداری آن‌ها به‌طور منظم انجام نمی‌گیرد. جریان آب از سد به سمت کانال‌های اصلی و از آن به کانال‌های درجه دو دارای انحراف مناسب و توزیع عادلانه می‌باشد، ولی از کانال درجه دو به بعد به‌دلیل عدم کنترل مناسب و تخلف کشاورزان بالادست، آب به‌صورت عادلانه توزیع نشده و کشاورزان پایین‌دست دچار کمبود آب شده‌اند.

Table 9. Some of weighted values of internal indicators of Gotvand irrigation and drainage network

Internal Indicators	Value
Actual Water Delivery Service to Individual Ownership Units (field or farm)	0.7
Actual Water Delivery Service by the Main Canals to the Second Level Canals	3
Stated Water Delivery Service by the Main Canals to the Second Level Canals	0.7
Main canal	
Cross regulator hardware (Main Canal)	1.6
Turnouts from the Main Canal	3
Operation of the Main Canal	2.4
Second Level Canals	
Cross regulator hardware (Second Level Canals)	0.6
Turnouts from the Second Level Canals	2.7
Operation of the Second Level Canals	1
Third Level Canals	
Cross regulator hardware (Third Level Canals)	0.6
Turnouts from the Third Level Canals	1
Operation of the Third Level Canals	0

Table 10. An example of IPTRID worksheet indexes in Gotvand network

IPTRID Indicators	Value
Availability of water (surface plus ground) to users (MCM)	1132
Flow rate capacity of main canal at diversion point (cms)	104
Total number of Project and WUA employees who work in the field	306
Average irrigation water salinity (dS/m)	1.4
Estimated conveyance efficiency for pumped internal aquifer water (%)	90

Table 11. An example of the World Bank worksheet indexes in Gotvand network

World Bank Indicators	Value
Total annual volume of water supply (MCM)	1209.5
Annual Relative Water Supply Or the ratio of the total annual volume of water supplied to the total annual volume of farm ET in irrigated fields (RWS)	53.91
Annual Relative Irrigation Supply Or the ratio of the total annual volume of water supplied to the total annual volume of farm ET in irrigated fields (RIS)	51.54
Water delivery capacity Or the ratio of canal capacity for water delivery at the beginning of the system to the maximum irrigation required by ET	65.11
Security of entitlement supply Or the proportion that the irrigation organization is able to supply the required water to the network %	95
Number of turnouts per field operator	37.2

اندازه‌گیری و کنترل سطح آب

تأسیسات موجود در محل سازه‌های کنترل سطح آب در سد و ورودی کانال‌های اصلی، به‌طور خودکار سطح آب، میزان و سرعت جریان را اندازه‌گیری می‌کنند. اما مدتی است که این تأسیسات به‌دلیل نگهداری ناکافی و دیرهنگام از کار افتاده و هنوز اقدامی برای تعمیر آن‌ها صورت نگرفته است. در دیگر قسمت‌های شبکه اندازه‌گیری وکنترل سطح آب به‌صورت دستی انجام می‌شود.

ایمنی

کانال‌های شبکه به خوبی طراحی و اجرا شده است. سازه‌های ایمنی و ارتفاع آزاد مناسب کانال‌های شبکه موجب کنترل جریان می‌شوند. هم‌چنین برای کنترل جریان در ابتدای کانال اصلی هر سه شبکه (گتوند، عقیلی و دیمچه)، دریچه و سرریزهای جانبی و هم‌چنین بعد از ایستگاه‌های پمپاژ حوضچه آرامش تعبیه شده است.

حمل و نقل و ارتباطات

جاده سرویس در کل طول کانال‌های شبکه در نظر گرفته شده است. در طول کانال اصلی جاده‌ها آسفالت و در طول کانال‌های درجه دو و سه به‌صورت خاکی و یک‌طرفه می‌باشند. برای رفتن به سمت دیگر کانال‌ها باید از پل‌ها استفاده نمود. در انتهای کانال‌های درجه دو و کانال‌های درجه سه که از مزارع گذشته، عبور فقط با موتورسیکلت امکان‌پذیر است. سرویس اینترنت برای ارتباط بهره‌برداران و کشاورزان و انتقال داده‌ها وجود ندارد و ارتباط آن‌ها فقط از طریق تلفن و موبایل صورت می‌گیرد.

حساسیت

با توجه به اطلاعات موجود و اندازه‌گیری‌شده در شبکه، حساسیت برخی از سازه‌های شبکه با توجه به تغییرات سطح آب و بده جریان آب، محاسبه شد (تغییر نسبی در بده آبگیر به تغییرهای سطح آب) که حساسیت همه آن‌ها کم‌تر از یک به‌دست آمد و نشان از حساسیت کم آن سازه‌ها دارد.

نتایج گام ۳ : مدیریت نوسان‌های جریان آب

در این شبکه به‌دلیل تنظیمی‌بودن منبع تأمین آب، نوسانات اصلی جریان در مخزن سد آرام شده و به شبکه انتقال پیدا نمی‌کند. گاهی نوسانات کمی در طول کانال‌های شبکه اتفاق می‌افتد که علت، بزرگی، موقعیت، تناوب و اقدامات لازم جهت مواجهه با آن‌ها در جدول (۱۲) آورده شده است. لازم به ذکر است که تحویل و توزیع آب براساس درخواست زارعین به‌صورت روزانه انجام می‌گیرد، به همین دلیل برخی از نوسانات که ناشی از تغییر میزان جریان در کانال‌ها می‌باشند و تابع برنامه تحویل و توزیع آب هستند، در این شبکه محدود و قابل صرف‌نظرکردن می‌باشند.

Table 12. Fluctuations and necessary measures to deal with them in Gotvand network

Fluctuations	Cause	Magnitude	Position	Frequency	Measures to deal with them
Lack of control and measurement	Deficiency and failure of structures	small	Second and third level canals	All year round	Installation of control structures and their repair
Unauthorized withdrawals and out of bounds	Lack of water management and control	medium	Second and third level canals	When the maximum demand	Dealing with violators and controlling the severity of impressions
Animal drinking	Lack of management	small	All canals	When grazing animals	Install a fence or determine the grazing range
Local people swim	Inattention of managers	small	All canals	Summer	Protection and construction of a swimming pool

نتایج گام ٤: طراحی شبکه‌های آب و بیلان آبی

با توجه به محاسبات انجام شده در سال ۱۳۹۳، کل آب ورودی به شبکه گتوند ۱۲۰۹/۵ میلیون مترمکعب بوده که از این مقدار ۱۱۳۲ میلیون مترمکعب (۹٤ درصد) آب از طریق سد و ۷۷/۵ میلیون مترمکعب (شش درصد) آب از طریق بارندگی وارد شبکه‌ها شده است. کل آب خروجی از شبکه شامل ۱۱۳/۲ میلیون مترمکعب (۱۰ درصد) نشت و۷۷۱ میلیون مترمکعب (٦٤ درصد) زهکشی می‌باشد. لازم به توضیح است که آب زهکشی شبکه از طریق کانال‌ها به رودخانه منتهی می‌ریزد. هم‌چنین با توجه به بیلان آبی شبکه، میزان تبخیر- تعرق سالانه محصولات ۳۲۵ میلیون مترمکعب محاسبه شد. سپس نیاز خالص آبیاری براساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شوشتر، ۳۸۹ میلیون مترمکعب برآورد شد. لذا میزان تبخیر-تعرق محاسبه‌شده ٦٤ میلیون مترمکعب کم‌تر از نیاز خالص آبیاری می‌باشد. بنابراین با ارزیابی و محاسبه سالانه بیلان آب و مدیریت ورودی و خروجی از شبکه، می‌توان با جمع‌آوری و استفاده مجدد و بازچرخانی آب زهکشی و لایروبی کانال‌ها می‌توان از هدررفت و تلفات نشت جلوگیری کرد.

نتایج گام ٥: مدیریت هزینه بهره‌برداری و نگهداری

با توجه به محدودیت اطلاعات و هم‌چنین محرمانه‌بودن اطلاعات حقوق پرسنل، داده‌های اندکی در این زمینه با کمک شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب جمع‌آوری شد. تفکیک هزینه‌های این شبکه با توجه به کل اعتبارات جذب‌شده شرکت بهره‌برداری شبکه گتوند در سال ۱۳۹۲ به عملیات بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات، هزینه‌های کارکنان و خدمات مطالعاتی و مشاوره‌ای صورت گرفت (شکل ٤). در این شکل تفکیک هزینه‌های نگهداری نیز قابل مشاهده است. مشخص است که هزینه‌های مربوط به‌کارکنان، بیش‌ترین هزینه را در بر می‌گیرد (٦۰ درصد). این هزینه شامل حقوق کارکنان، حمل و نقل، ارتباطات و حتی هزینه‌های اداری آن‌ها می‌باشد. این وضعیت در حالی است که با توجه به گام‌های قبل، این شبکه نیاز به صرف هزینه بیش‌تری در بخش بهره‌برداری و نگهداری دارد. در صورت امکان باید اعتباراتی که به این شبکه اختصاص داده می‌شود، افزایش یابد و در اسرع وقت به تعمیرات قسمت‌های آسیب‌دیده شبکه رسیدگی شود، در غیر این صورت هزینه‌های گزافی در آینده به شبکه تحمیل خواهد شد.

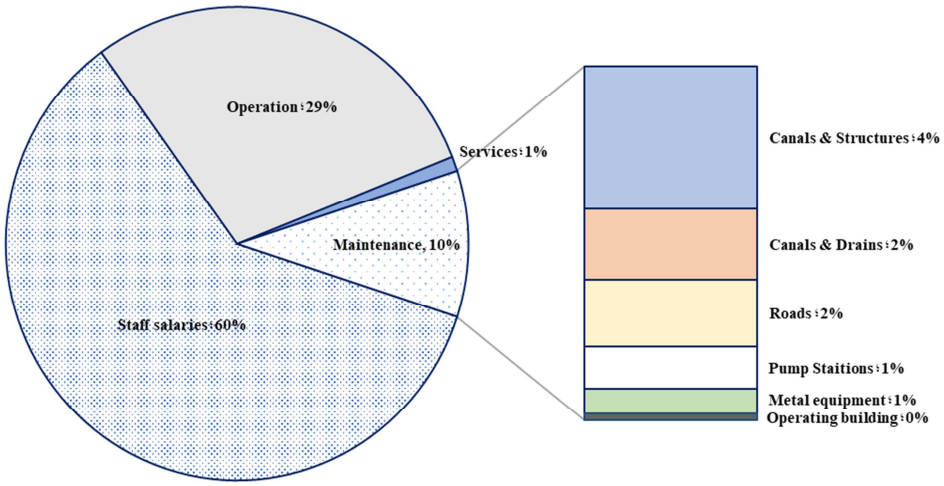

Figure 4. Separation of Gotvand irrigation and drainage network costs (2014)

نتایج گام ٦: ساماندهی ارائه خدمات به مصرف‌کنندگان

با توجه به شکل (٥)، مصرف‌کننده اصلی آب کشاورزان هستند که حدود ٩٤ درصد از کل آب تحویلی شبکه را به مصرف می‌رسانند. در حالی‌که می‌توانند با کشت محصولات کم مصرف، تغییر الگوی کشت و حتی با استفاده مجدد از آب زهکشی انتهای مزارع، این مصرف بیش از اندازه را کاهش دهند. تحویل و توزیع آب در این شبکه براساس درخواست‌های روزانه کشاورزان انجام می‌پذیرد، که به‌دلیل عدم اندازه‌گیری دقیق نیازهای آبی گیاهان، می‌تواند موجب افزایش مصرف آب شود. هم‌چنین انعطاف‌پذیری این روش پایین می‌باشد، به‌طوری‌که عموماً تحویل آب گردشی به‌صورت نادقیق صورت می‌گیرد.

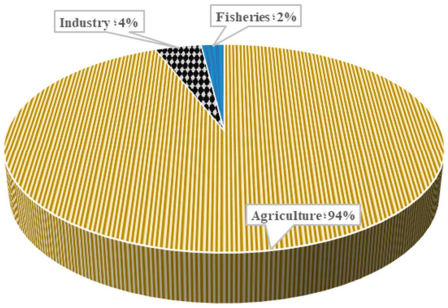

Figure 5. Separation of water delivered to Gotvand irrigation network based on uses

نتایج گام ٧: ترسیم مدیریت واحدها

در شبکه گتوند با توجه به مشکلاتی که در گام‌های قبل مشخص شد، از جمله عدم اندازه‌گیری جریان در سازه‌های کنترل، نگهداری نامناسب سازه‌ها، خدمات تحویل آب ناعادلانه، آموزش ناکافی کارکنان و کشاورزان، عدم وجود تشکل‌های آب‌بران و ...، نیاز به بهبود عملکرد و مدیریت شبکه مشهود می‌باشد. به‌منظور بهبود عملکرد شبکه گتوند، لازم است وظائف و مسئولیت‌های عوامل ذیربط به تفکیک مشخص شود. بدین ترتیب ضمن پرهیز از هم‌پوشانی مسئولیت‌ها، می‌توان عوامل مربوط را نسبت به وظائف خود پاسخگو نمود. برای این منظور توصیه می‌شود که مدیریت شرکت بهره‌برداری شبکه به سه قسمت شامل مدیریت سیستم انتقال، مدیریت سیستم توزیع و تشکل‌های آب‌بران تقسیم‌بندی شود. وظایف اصلی هر قسمت را می‌توان به‌طور خلاصه به‌صورت شکل (٦) پیشنهاد نمود.

نتایج گام ٨: مدیریت تقاضا برای بهره‌برداری

در شبکه آبیاری گتوند به‌دلیل نوسانات کم جریان آب و هم‌چنین حساسیت کم سازه‌ها، تقاضا برای بهره‌برداری بیش‌تر به خدمات وابسته می‌باشد. سطح تقاضای بهره‌برداری شبکه در جدول (١٣) آمده است. سطح تقاضای بهره‌برداری شبکه براساس سه عامل زیر تعیین شد. الف- خدمات مورد نیاز براساس اهداف شبکه، ب- نوسانات جریان که مشخص‌کننده محدودیت‌ها است، و پ- حساسیت سازه‌ها که نشان‌دهنده عکس‌العمل و واکنش سازه‌ها به تغییرات است. با توجه به جدول (١٣)، لزوم بازنگری در شیوه کنترل و توزیع آب آشکار می‌شود تا عدالت بهتری بین کشاورزان بالادست و پایین‌دست برقرار شود. زیرا تفاوت قابل‌توجهی بین بالادست و پایین‌دست شبکه از نظر خدمات ارائه‌شده مشاهده می‌شود. به‌عنوان نمونه در بالادست شبکه تقاضای بهره‌برداری پایین‌تر است، در حالی‌که تقاضای بهره‌برداری در پایین‌دست بیش‌تر است.

نتایج گام ٩: طراحی گزینه‌ها برای بهبود بهره‌برداری زیر واحدها

با بررسی‌های انجام‌شده در شبکه گتوند، مشکلاتی نظیر عدم وجود تشکل‌های آب‌بران، عدم اندازه‌گیری‌های منظم

و دقیق برای کاهش هدررفت آب، بودجه ناکافی در نگهداری شبکه، عدم استفاده از آب زهکشی، خدمات تحویل ناعادلانه بین کاربران و ... شناسایی شد. با توجه به این مشکلات مشخص شد که بهبود در بهره‌برداری و مدیریت این شبکه ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. لذا در این گام با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از گام‌های قبل، پیشنهادهای کوتاه‌مدت و بلندمدت برای بهبود بهره‌برداری از کانال‌های شبکه گتوند به‌منظور ارتقای روش‌های بهره‌برداری موجود، پاسخ‌گویی بهتر به تقاضای فعلی برای خدمات، و تناسب بهتر بین خدمات و هزینه توافق‌شده با مصرف‌کنندگان، به شرح جدول (١٤) ارائه شده است.

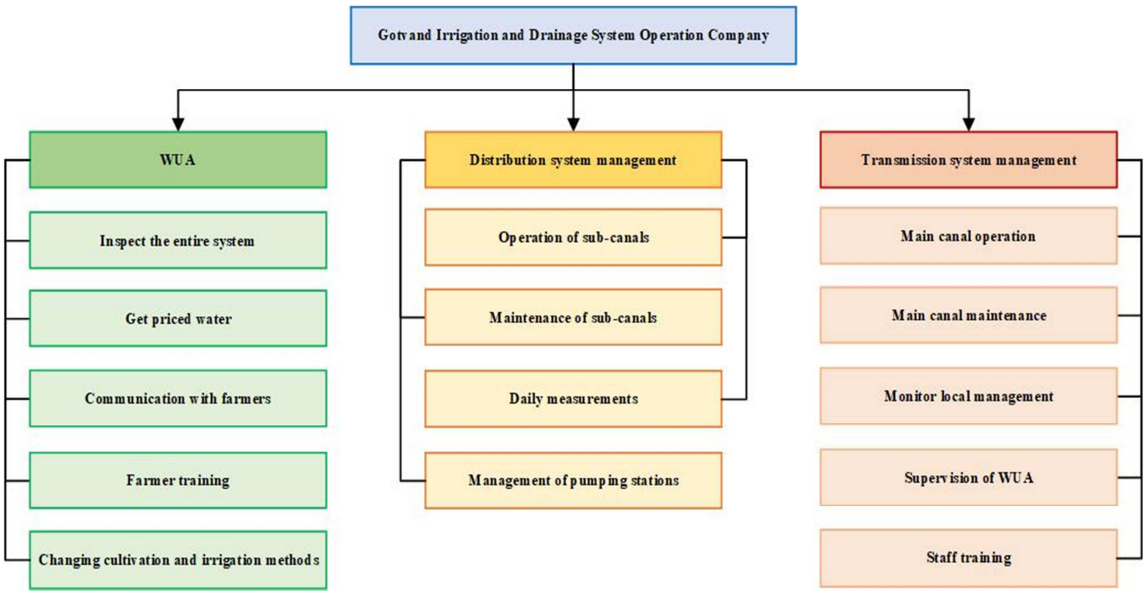

Figure 6. Division of Gotvand system subunits and their tasks

Table 13. Classification of demand level for operation in Gotvand irrigation network

Subnet	Main canal	Second Level Canals	Third Level Canals
Water services	good	medium	low
Sensitivity of structures	low	Low	-
Accuracy	medium	Low	low
Fluctuations	very low	Low	low
Demand class	low	Medium	high

Table 14. Short-term and long-term plans to improve the operation of Gotvand network channels

Short-term plans to improve operation (one year)	Long-term plans to improve operation (five years)
Sensitivity assessment along main cannel, second and third cannels	Demand planning for exploitation in different network lands
Identify critical and vulnerable points along the channels and eliminate them	Redistribution of usable resources (recycling of drainage water) based on demand for operation
Check water balance regularly and annually with accurate measurements	Transfer of irrigation management toWUA
Establishment of water management organizations to communicate more with consumers	Improve water use efficiency at the farm level
Evaluation of water consumption efficiency at the farm level based on measurements	Definition of water delivery services
Monitoring the quantity and quality of drainage water	Creating protection and safety for water metering and distribution structures to establish justice among users
Increase operation and maintenance budget	Reconstruct duct cover to prevent leakage

نتایج گام ۱۰: جامع‌نگری در ارائه گزینه‌های مدیریت خدمات محور

بهبود مدیریت و نحوه بهره‌برداری یک شبکه نمی‌تواند به‌صورت یک‌جانبه مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد. لذا برای یک نگرش تعاملی و جامع‌نگر در مدیریت شبکه گتوند لازم است، منطقه را به زیر واحدهای کوچک‌تر تقسیم نموده و توسط روش مسکات، گزینه‌های بهبود برای زیر واحدها همراه با هزینه‌های مربوطه مشخص شوند. سپس با ترکیب گزینه‌ها و تعیین تعامل آن‌ها با یکدیگر مجموعه پیشنهادها برای کل شبکه یکپارچه می‌شوند. در شکل (۷) روند جامع ارائه گزینه‌های مدیریت خدمات محور در سامانه گتوند در چارچوب مسکات به تفکیک هریک از شبکه‌های گتوند، عقیلی و دیمچه توصیه می‌شود. در حال حاضر در شبکه‌های مذکور موافقت‌نامه عرضه خدمات شامل وظایف تأمین‌کننده خدمات آبیاری، تعهدات مصرف‌کنندگان و ... وجود ندارد. لذا لازم است تصمیمات مورد توافق مدیران و کشاورزان در موافقت‌نامه (رسمی یا غیررسمی) عرضه خدمات بین عرضه‌کنندگان و مصرف‌کنندگان تنظیم شود. این موافقت‌نامه می‌تواند شامل دامنه و مشخصات عرضه خدمات، وظایف تأمین‌کننده خدمات، حقوق و تعهدات مصرف‌کنندگان و مراحل پیش‌بینی‌شده در صورت قصور در انجام تعهدات باشد.

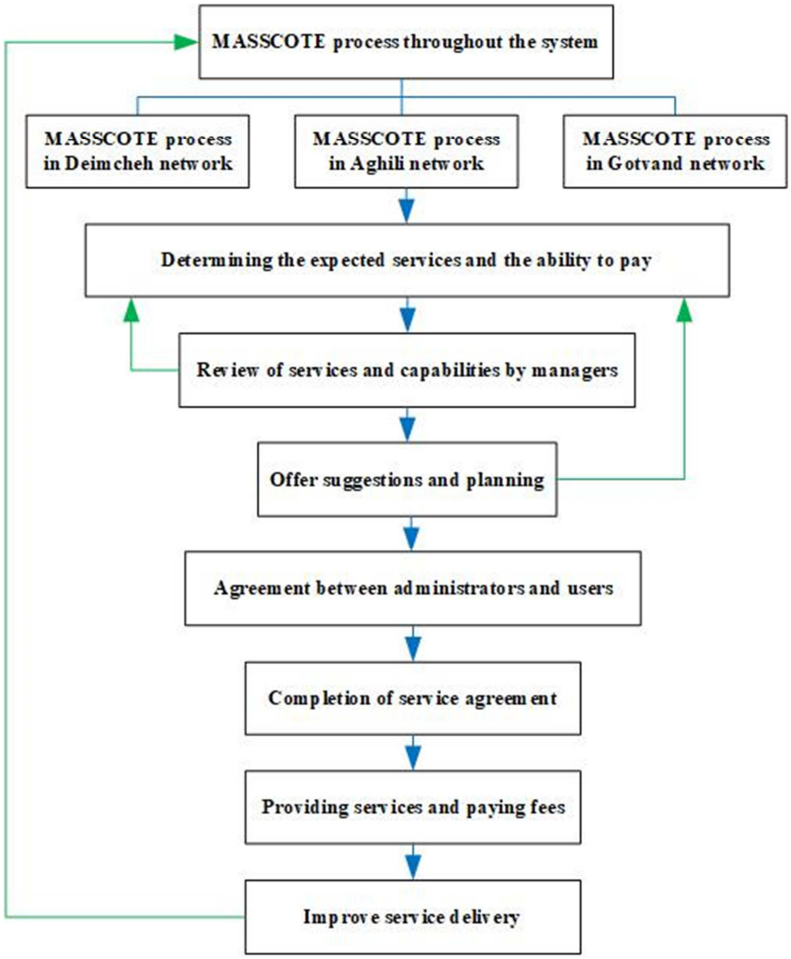

Figure 7. The process of providing service-based management options based on the MASSCOTE method in Gotvand network

نتایج گام ۱۱: برنامه‌ای برای نوگرایی، پایش و ارزیابی

در مجموع با توجه به نتایج حاصله در گام‌های قبل از فرایند مسکات در شبکه گتوند برنامه اولیه نوگرایی و خدمات مطلوب را می‌توان به شرح زیر پیشنهاد نمود. تغییر و اصلاح الگوی کشت سالانه با توجه به شرایط آبوهوایی و اقتصادی، توزیع عادلانه‌تر آب با کنترل و مدیریت منظم، ایجاد تشکل‌های آب‌بران، افزایش بهره‌وری آب با توجه به آب مازاد شبکه و بازچرخانی آن، افزایش اعتبارات بهره‌برداری و نگهداری، سرمایه‌گذاری و تشویق بهره‌برداران در جهت بهبود عملکرد و بهره‌وری شبکه گتوند و آموزش نیروی انسانی و ارتقای آگاهی بهره‌بردارن از منابع آب و خاک. بدیهی است که نتایج این گام باید با انجام کامل فرایند نوگرایی در مدت زمان کافی، و بررسی های همه جانبه بیش‌تر، تدقیق شود.

نتیجه‌گیری

فرایند ارزیابی سریع و مسکات ابزارهای مفیدی برای شناخت عملکرد جاری شبکه‌ها و مقدمه‌ای برای طرح نوگرایی آن‌ها هستند. پیاده‌سازی برنامه نوگرایی، فرایندی طولانی و تکرارشونده است. ارزیابی سریع در حد چند روز و مسکات نیز در طول چند هفته قابل انجام است. ارائه طرح نوگرایی طولانی‌تر است و احتمالاً ماه‌ها طول می‌کشد تا همه جوانب آن بررسی شود. طرح نوگرایی می‌تواند تأثیر مثبتی بر بسیاری از عواملی مانند بازگشت هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، پایداری تشکل‌های آب‌بران، سهولت بهره‌برداری از شبکه آبیاری، کارایی پرسنل، بهبود کیفیت خدمات تحویل آب به مزارع و کاهش بی‌نظمی در پروژه داشته باشد.

همان‌طورکه قبلاً ذکر گردید، توسعه روش‌های ارزیابی که استفاده ترکیبی از داده‌های کمّی و کیفی را در فرایند ارزیابی فراهم نماید، به‌عنوان یک ضرورت در عرصه مطالعات عملکرد مطرح می‌باشد. علاوه بر آن توسعه یک روش جامع و عمومی ارزیابی که مورد اجماع متخصصان و مدیران و کارشناسان آبیاری باشد، نیازی است که می‌تواند جوابگوی مقایسه عملکرد شبکه‌ها در سطح جهان، تبادل مؤثرتر تجربیات و بهبود بیش‌تر عملکرد آن‌ها شود. تلفیق داده‌های کمّی و کیفی می‌تواند با به‌کارگیری روش مسکات در قالبی مناسب، صورت پذیرد که بدین ترتیب مشکل عدم قطعیت برخی از داده‌ها و شاخص‌های ارزیابی نیز مرتفع می‌شود. علاوه بر آن توسعه مدل مسکات توسط فائو که سازمانی بین‌المللی است و مورد حمایت جامعه جهانی می‌باشد، می‌تواند موجب گستردگی کاربرد این روش و مقبولیت آن در کشورهای مختلف و تبادل تجربیات میان آن‌ها شود. بنابراین می‌توان انتظار داشت که توسعه روش مسکات بیش از پیش موجب ارتقا و بهبود عملکرد شبکه‌ها در سطح جهان شود. روش مسکات در پی تولید یک راه‌حل برای مدیریت آبیاری و بهره‌برداری، جهت ارائه خدمات بهتر به‌کاربران است. بهره‌برداری از سامانه آبیاری یک مجموعه پیچیده از فعالیت‌های حیاتی است که در مدیریت آبیاری باید به‌طور هماهنگ و به‌موقع انجام شوند. این فعالیت‌ها عبارتند از ارائه خدمات به‌کاربران، تأمین هزینه و منابع موردنیاز برای بهره‌برداری و مدیریت، پایش عملکرد و رعایت محدودیت‌های زمانی و منابع آبی. عملاً پاسخ یگانه‌ای به این سؤال که چگونه می‌توان همه موارد مذکور را در یک چارچوب پایدار برای بهبود بهره‌برداری از کانال تجمیع کرد، وجود ندارد. با این‌حال، رویکرد مسکات براساس تجربیات فراوان کارشناسان نوگرایی آبیاری در آسیا توسعه یافته و در سال‌های اخیر برای نوگرایی سامانه‌های آبیاری بسیاری از کشورها با موفقیت مورداستفاده قرار گرفته است که لازم است در ایران نیز توسعه یابد.

با توجه نتایج گام‌های مختلف ارزیابی شبکه آبیاری گتوند به روش مسکات، جهت بهبود عملکرد آن، موارد زیر توصیه می‌شود:

- مدیریت و کنترل دریچه‌ها و برخورد قانونی با کشاورزان متخلف و جریمه آن‌ها برای توزیع عادلانه آب
- اندازه‌گیری سطح آب و میزان جریان آب در محل آبگیرهای اصلی و محاسبه حساسیت آن‌ها
- تدوین دستورالعمل استفاده از سازه‌ها و چگونگی اندازه-گیری آن‌ها برای بهره‌برداران و کشاورزان
- اطلاع از بیلان آبی شبکه جهت رسیدن به بازده بالا و در نظرگرفتن ملاحظات زیست‌محیطی مانند شوری و ماندابی‌شدن
- اندازه‌گیری دقیق نیازهای آبی محصولات
- بررسی ویژگی‌های خاک از نظر نفوذپذیری و حاصل‌خیزی آن
- تغییر و اصلاح الگوی کشت با توجه به تغییرات اقلیمی (جایگزینی گیاهان با مصرف آب کم‌تر و مقاوم به خشکی)
- بهبود روش‌های آبیاری سطحی و به‌کارگیری روش‌های آبیاری تحت فشار برای کاهش تقاضای آب
- ایجاد تشکل‌های آب‌بران و واگذار نمودن مدیریت آبیاری شبکه به آن‌ها

تشکر و قدردانی

بخش قابل‌توجهی از اطلاعات این پژوهش، با کمک شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران و سازمان آب و برق خوزستان فراهم شده است، که بدین‌وسیله از همکاری ایشان تشکر و قدردانی می‌گردد.

پی‌نوشت‌ها

1. Diagnostic Analysis
2. Rapid Appraisal
3. Framework Appraisal
4. Performance Assessment-Irrigation System-Model (PAIS)
5. Benchmarking
6. Data Envelopment Analysis
7. Mapping System and Services for Canal Operation Techniques
8. Pandrah
9. Mubuku
10. Decision Support System
11. Hemavathy
12. Pradesh
13. Karnataka
14. Sinistra Baradano
15. Mit Yazid
16. Bura
17. Rappid Appraisal
18. International Program for Technology and Research in Irrigation and Drainage

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

1. Amiri Takaldani, E., & Samadi, A. (2014). Modernization of Irrigation Management, MASSCOTE Approach. *Iranian National Committee of Irrigation and Drainage (IRNCID)*, 157, 257. (In Persian)
2. Ahmadizadeh, M., Ehsani, M., & Wahaj, R. (2011). Application of MASSCOTE methodology in Dez irrigation & drainage system. In Proceedings of *21st international Congress on Irrigation & Drainage,* Iran Water Resources Management Company, Iran Ministry of Energy, Tehran. (In Persian)
3. Bahredar, D., Ghaheri, A., Ehsani, M., Zolfaghari, A., Borhani, N., Farhadi, E., Esna-Ashari, M., Garavi, H., & Razmjoo, M. G. (2004). *Irrigation and drainage performance assessment practical guidelines*. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID), Publication No. 103, pp. 235. (In Persian).
4. Bahredar, D., & Alyasin, M. (2002). *Modern water control and management practices in irrigation*. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID), Pubication No. 71. pp. 256. (In Persian).
5. Bettili, L., Pek, E., & Salman, M. (2019). A decision support system for water resources management: The case study of MUBUKU irrigation scheme, Uganda. *Sustainability, MDPI Journal.* Publication No. 11.

6. Cherni-Čadro, S., Zaccaria, D., & Čadro, S. (2015). Assessing the Hydraulic Sensitivity of Pressurized Irrigation Delivery Neyworks Through the MASSCOTE/MASSPRES Rational. *Sixth International Scientific Agricultural Symposium, Agrosym*, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 15-18, 2015, pp. 1271-1277.
7. Elshaikh, AE., Jiao, X., & Yang, S. (2018). Performance evaluation of irrigation projects: Theories, methods, and techniques. (Review), *Journal of Agricultural Water Management*, 203 (C), PP. 87-96.
8. FAO. (2009). *Modernization strategy for irrigation management, MASSCOTE applications in Uttar Krishna project Karnataka. India: Research report.* pp. 113.
9. FAO. (2008a). *A MASSCOTE Case Study in Karnataka-India Ghataprabha Left Bank Canal-KNNL Modernization Strategy for Irrigation Management: Working Document.* pp. 57.
10. FAO. (2008b). *Modernization strategy for irrigation management. Main Ganga canal system. Uttar Pradesh. India: Working Document*. pp. 36.
11. FAO. (2007a). *Modernization strategy for irrigation management. Hemavati project. Karnataka. India: Working Document,* pp. 52.
12. FAO. (2007b). *Modernization strategy for irrigation management. Bhadra project. Karnataka. India: Working Document,* pp. 69.
13. FAO. (2007c). *Modernization strategy for irrigation management. Jaunpur branch System. Uttar Pradesh. India: Working Document*, pp. 54.
14. FAO. (2006). *A methodology to modernize irrigation services and operation in canal systems in Sunsary Morang and Naryani. Nepal: Working Document*, pp. 60.
15. Gharavi, H., Farhadi, E., Borhan, N., Zolfaghari, A., Ghaheri, A., Ehsani, M., Bahredar, D., Esnaashari, M., & Monem, M. J. (2001). Rapid appraisal process and the application in irrigation and drainage. *Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)*, 96, 106. (In Persian).
16. Ghaheri, A, Monem, M. J., Gharavi, H., Borhan, N., Zolfaghari, A., Ehsani, M., & Poorzand, A. (2000). Theoretical and computer model of performance evaluation of irrigation and drainage systems. In Proceedings of *the 10th Conference of the Iranian National Committee of Irrigation and Drainage*. Pp. 143-154. (In Persian).
17. Khalhkali, M., Monem, M. J., & Ebrahimi, K. (2008). Development of Decision Support System for Performance Evaluation and Improvement of Irrigation and Drainage Networks, *Jour. of Agricultural Engineering Research*, 9(1), 125-140. (In Persian).
18. Kumar, R., Shukla, N., Nigam, D. P., & Verma, V. K. (2010). Modernizing SARDA SAHAYAK canal system: The MASSCOTE approach. *Irrigation & Drainage Journal*, 59, 53-75.
19. Malano, H. M., & van Hofwegen, P. (1999). *Management of irrigation and drainage systems a sevice Approach*, IHE Monograph 3, CRC Press. pp. 147.
20. Mumba, F. K., Kabuti, V. N., Kiptala, J. K., & Nyadawa, M. O. (2017). Evaluation of Irrigation System Operation and Management Using the MASSCOTE Approach: A Case Study of Bura Irrigation Scheme, Kenya, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 7(9), September 2018, 1527-1538.
21. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2018). *Future water priorities for the nation: Directions for the US geological survey water mission area*. National Academies Press.
22. Renault, D. (2008). *MASSCOTE Sensitivity analysis of irrigation structures*. Technical Briefs, FAO. Rome. Italy, pp. 66.
23. Renault, D., Facon, T., & Vahaj, R. (2007). *Modernizing irrigation management-the MASSCOTE approach*. FAO. Publication 63, Rome. Italy, PP. 207.
24. Restrepo, C. G. (1983). *A methodology to evaluate the performance of irrigation system: application to Philippine national system*; PhD. Theses, Cornell University.
25. Talaat, E. G. (2018). Examining an Egyptian Irrigation Network using MASSCOTE Approach, *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 9(2), 1-12.
26. Winardi, Azmeri, Masimin. (2020). A study of performance of the irrigation system in the Pandrah irrigation area. *Journal of civil engineering & planning archives*, 3(2), 158-165.