مدیریت آب و آبیاری
(نشریه علمی)
دوره ۱۱ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۰
صفحه‌های ۱۵۸-۱۴۵
DOI: 10.22059/jwim.2021.311437.828

مقاله پژوهشی:

تحلیل و دسته‌بندی روش‌های تحویل و توزیع آب برحسب درخواست در شبکه‌های آبیاری

هاجر ساوری[۱]، محمد جواد منعم[۲*]
۱. دانش آموخته 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: ۱۳۹۹/۰۷/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۱۸

چکیده
انتخاب روش توزیع و تحویل آب یکی از پارامترهای مهم و اساسی در طراحی شبکه‌های آبیاری محسوب می‌شود که نقش تعیین‌کننده‌ای در انعطاف‌پذیری و بهبود بهره‌وری آب دارند. روش‌های توزیع و تحویل آب با توجه به مدیریت عوامل تحویل آب می‌توانند به روش‌های تحویل گردشی، برحسب درخواست و برحسب تمایل تقسیم شوند. از میان این روش‌ها، روش برحسب درخواست (توافقی) به‌عنوان یک روش مشارکتی علاوه بر ارتقای انعطاف‌پذیری و عدم نیاز به زیرساخت‌های پرهزینه در مقایسه با روش‌های برحسب تمایل، در شبکه‌ها با بهره‌برداری دستی قابل اجرا است. بسته به دامنه تغییرات مجاز عوامل تحویل، محدودیت‌های اعمال شده بر درخواست زارعین و نحوه حصول توافق میان مدیران شبکه و زارعین تنوع قابل‌توجهی از روش تحویل توافقی ایجاد می‌شود. هر یک از روش‌های مذکور، تأثیر مستقیمی بر چگونگی مدیریت و عملیات بهره‌برداری شبکه دارد، که ضرورت طبقه‌بندی آن‌ها را برای سهولت برنامه ریزی عملیات بهره‌برداری ایجاب می‌کند. تا کنون مبانی مدونی برای دسته‌بندی روش‌های تحویل برحسب درخواست، و طبقه‌بندی آن‌ها ارائه نشده است. در این پژوهش اطلاعات برخی از شبکه‌های آبیاری در داخل و خارج از کشور که با روش برحسب درخواست در حال بهره‌برداری هستند، جمع‌آوری شده است. با تحلیل اطلاعات و بررسی‌های انجام‌شده، مبانی روش‌های برحسب درخواست تدوین، و طبقه‌بندی آن‌ها صورت گرفت. با توجه به تغییرات عوامل تحویل، و چگونگی حصول توافق، روش‌های تحویل توافقی به سه دسته با انعطاف‌پذیری حداکثر، متوسط، و حداقل تقسیم شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: توزیع برحسب درخواست، روش‌های توزیع و تحویل آب، شبکه‌های آبیاری، طبقه‌بندی.

Analysis and Classification of Arranged Delivery Methods in Irrigation Networks

Hajar Savari[1], Mohammad Javad Monem[2*]
1. Ph. D. Graduate, Department of Water Engineering and management, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Professor, Department of Water Engineering and Management, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
Received: October, 07, 2020 Accepted: June, 08, 2021

Abstract
Selection of appropriate water delivery method is one of the most important parameters in irrigation networks that plays an effective role in determining flexibility and improving water productivity. Depending on the management of delivery parameters, water delivery systems can be classified into three main types of, Rotational, on-request (arranged), and on-demand methods. Among main delivery systems, on request system is proposed to increase flexibility. This method, while doesn't need high-cost automatic systems, could be applied on existing irrigation networks with minor changes, and manual operation. Depending on the range of delivery parameters variation, limitation on requests, and method of reaching an agreement between managers and farmers, several on request methods could be defined. Each one of the defined methods has direct impact on management of the network, which requires their appropriate classification in order to facilitate operation planning. So far no basis for classification of on request method is introduced. In this research, data are collected from previous researchers and field investigation from some national and international networks, which are operated using on-request delivery methods. Analyzing the collected data, the basis for classification of on request delivery systems is developed. The on-request delivery method of the studied network is classified. Regarding variation range of delivery parameters, and method of reaching agreement, on request method is classified in to 3 categories with maximum, medium, and minimum flexibility.

Keywords: Classification, Irrigation network, On-request delivery, Water delivery scheduling.

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

مقدمه

یکی از چالش‌هایی که در اغلب شبکه‌های آبیاری وجود دارد، محدودیت دستورالعمل‌های بهره‌برداری توزیع و تحویل آب در شرایط مختلف می‌باشد. بررسی نتایج عملکرد بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری بیانگر این واقعیت است که متأسفانه عملکرد اغلب شبکه‌های پایین‌تر از حد انتظار است (Mohseni Movahed & Monem, 2007). در حال حاضر پس از سال‌ها تجربه بهره‌برداری از تأسیسات آبی و نظر به محدودیت منابع آبی در کشور، تردیدی نیست که برای افزایش راندمان عملکرد محصول و جلب اعتماد زارعین نسبت به پرداخت آب‌بها، باید دستورالعمل‌های بهره‌برداری و روش‌های توزیع و تحویل آب بازنگری و اصلاح شوند تا امکان اعمال مدیریت آبیاری بهتری در اختیار زارع قرار گیرد و بتوان برنامه‌ریزی آبیاری را هرچه بیش‌تر به نیاز گیاه نزدیک کرد و آب را به‌موقع و در زمان موردنیاز به گیاه رساند که این امر باعث افزایش راندمان عملکرد محصول و افزایش اعتماد زارعین نسبت به مدیریت شبکه خواهد شد و در نتیجه باعث مشارکت بیش‌تر زارعین در تقسیم و توزیع آب و پرداخت به موقع آب‌بها خواهد بود که در نهایت باعث بهبود عملکرد شبکه می‌شود (شکل ۱).

برای دست‌یابی به اهداف فوق، می‌توان از روش‌های برحسب درخواست که به‌صورت دستی در بسیاری از شبکه‌های موجود در دنیا قابل‌اجرا است، استفاده کرد. شرط موفقیت این روش، برخورداری از یک برنامه منسجم و انعطاف‌پذیر، همراه با دستورالعمل مناسب بهره‌برداری است. یک برنامه توزیع و تحویل آب، فرایندی است که طی آن، محدوده و فرد دریافت‌کننده آب، میزان، تناوب و زمان تحویل آب مشخص می‌شود. در برنامه‌ریزی توزیع و تحویل آب باید سه عامل دبی (Q)، مدت زمان آبیاری (t) و دور آبیاری (f) تعیین شود. فرد تصمیم‌گیرنده در مورد عوامل توزیع و تحویل می‌تواند، مدیر شبکه، یا زارع باشد و یا این‌که تصمیم‌گیری با توافق طرفین انجام شود. ثابت یا متغیربودن هر یک از عوامل فوق و تغییر سطح تصمیم‌گیری در مورد آن‌ها، روش‌های بهره‌برداری متنوعی با انعطاف‌پذیری متفاوتی به‌وجود می‌آورد که اصلی‌ترین آن‌ها شامل روش گردشی[1]، روش برحسب تمایل[2] و روش برحسب درخواست[3] (توافقی) است (Clemmens, 1987). در برنامه گردشی مقدار Q، f و t در ابتدا توسط مدیران شبکه تعیین شده و به‌طورکلی برای تمام فصل رشد ثابت باقی می‌ماند و هر مصرف‌کننده در یک دوره زمانی مشخص آب دریافت می‌کند.

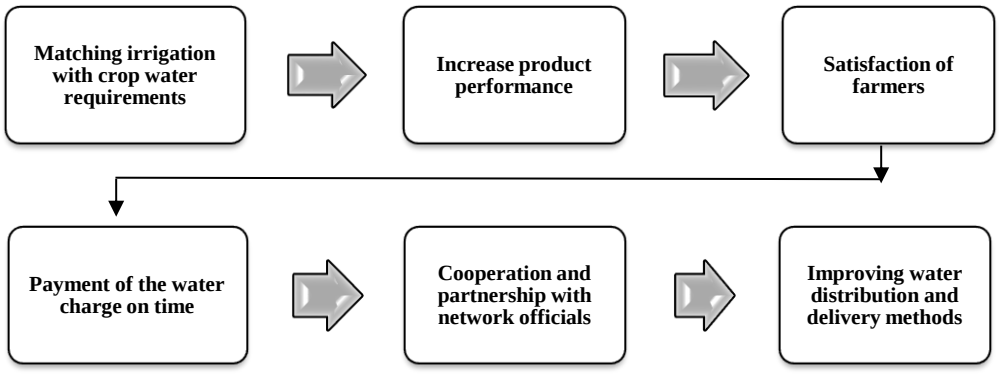

Figure 1. Impact of improving water delivery and distribution methods on network performance

ضعف عمده این روش‌ها این است که با توجه به شیوه بهره‌برداری، امکان تغییر جریان متناسب با تغییرات نیاز مزرعه در همه شرایط وجود ندارد و در نتیجه تولید محصول کاهش می‌یابد. از طرف دیگر به‌دلیل عدم تناسب آب تحویلی با نیاز به هنگام گیاه، تلفات آب بیش‌تری را نیز به‌دنبال دارد و در نتیجه در مقایسه با دیگر روش‌ها دارای کم‌ترین انعطاف‌پذیری می‌باشد. روش برحسب تمایل را می‌توان روشی توصیف کرد که در آن کنترل آب به‌طور کامل بر عهده کشاورز می‌باشد. این روش قابلیت انعطاف برای تطبیق با دور آبیاری همه محصولات را دارد. در عمل این روش به مصرف‌کننده اجازه می‌دهد تا آب موردنیاز خود را بدون هیچ‌گونه محدودیتی با توجه به ظرفیت‌های موجود در زمان دلخواه از سیستم برداشت کند. در این روش مصرف‌کننده، به‌خوبی امکان اعمال مدیریت آبیاری را دارد. بنابراین بایستی سیستم موردنظر کاملاً خودکار و با ظرفیت بالا و همراه با مخازن ذخیره طراحی و اجرا شوند. هزینه سرمایه‌گذاری بالا، نیاز به نیروی متخصص جهت انجام تعمیرات، نیاز به منابع آب کافی، نیاز به زیرساخت‌های فنی پرهزینه و دانش فنی بالای بهره‌برداران و زارعین و مشکلات اجتماعی عدم پذیرش سامانه‌های خودکار در مجامع محلی و تخریب آن‌ها در کشورهای در حال رشد از محدودیت‌های خودکارسازی به‌شمار می‌رود. در روش مبتنی بر درخواست برنامه‌ریزی دبی، دور آبیاری و طول زمان تحویل آب با توافق بین کشاورزان و مدیران شبکه تنظیم می‌شود. در این روش میزان آب موردنیاز توسط زارعین از قبل اعلام می‌شود و مدیریت شبکه با توجه به میزان آب موجود و درخواست‌های زارعین، برنامه‌ریزی تحویل آب و تنظیم سازه‌ها را انجام می‌دهد.

در نتیجه می‌توان سیستم‌های توزیع و تحویل آب را با توجه به روش و مدیریت آن در بخش توزیع و تحویل آب، به سه دسته طبقه‌بندی کرد. الف) سیستم‌های آبیاری که اصولاً به‌وسیله مسئولین محلی و یا سازمان‌هایی که به‌وسیله دولت محلی منصوب شده (آژانس آبیاری) مدیریت می‌شوند و کشاورزان دخالت بسیار کمی داشته و یا اصلاً دخالتی در سیستم ندارند مثل روش گردشی، ب) سیستم‌هایی که کاملاً به‌وسیله کشاورزان بهره‌برداری می‌شوند و تمام مسئولیت‌های تحویل و توزیع آب و برنامه‌ریزی آبیاری سیستم دست کشاورزان بوده است. به‌طور مثال، سیستم برحسب تمایل که در آن کنترل آب به‌طور کامل بر عهده کشاورز است و ج) سیستم‌هایی که به‌صورت مشترک مدیریت و برنامه‌ریزی می‌شوند، مانند روش توافقی یا برحسب درخواست که حالت بینابینی از دو روش گردشی و برحسب تمایل است که انعطاف‌پذیری آن نیز مابین آن‌ها می‌باشد. با توجه به ساختار شبکه‌های موجود، روش برحسب درخواست ضمن افزایش انعطاف‌پذیری نسبت به روش گردشی و عدم نیاز به زیرساخت‌های پرهزینه روش برحسب تمایل، به‌صورت دستی قابل‌اجراست. باید توجه داشت که در این روش برنامه بهره‌برداری دستی به‌دلیل تغییرات زمانی و مکانی درخواست‌ها بسیار پیچیده می‌شود که تهیه دستورالعمل اصولی آن مستلزم شناخت و تدوین مبانی روش برحسب درخواست و طبقه‌بندی انواع آن است.

با تغییر هر نوع ترکیبی از سه عامل دبی (Q)، مدت زمان آبیاری (t) و تناوب یا دور آبیاری (f) و نحوه مشارکت زارعین و اداره توزیع آب در تعیین این پارامترها، برنامه‌های متعددی از روش برحسب درخواست را می‌توان تعریف کرد که هر یک انعطاف‌پذیری متفاوتی خواهد داشت. مشکلی که در مورد روش برحسب درخواست وجود دارد این است که مبانی این روش هنوز به‌طور مشخص تعریف نشده و هیچ دسته‌بندی مدونی برای این برنامه‌ها وجود ندارد. برای

تعیین دستورالعمل‌های بهره‌برداری، متناسب با روش‌های برحسب درخواست، باید انواع روش‌ها به‌خوبی دسته‌بندی شوند. برای این امر، بایستی روشن شود که توافق برحسب چه پارامترهایی و در چه سطحی انجام می‌گیرد و دامنه مجاز تغییرات آن‌ها چقدر است. به‌عبارت دیگر، باید مشخص شود محدودیت بر پارامترهای تحویل، با چه دامنه تغییراتی اعمال می‌شود، تا بتوان براساس آن‌ها این روش‌ها را به‌خوبی تفکیک و طبقه‌بندی کرد، تا در نتیجه آن بتوان دستورالعمل‌های بهره‌برداری مناسب را استخراج نمود.

کاربرد روش‌های تحویل و توزیع مذکور در شبکه‌های آبیاری توسط پژوهش‌گران مختلف بررسی شده است. در اغلب این مطالعات روش توزیع یا گردشی است یا برحسب تمایل که در مطالعات انجام‌شده برنامه بهینه تحویل و توزیع آب ارائه شده است. این در حالی است که در مورد روش مبتنی بر درخواست که ساختار آن سازگار با شبکه‌های موجود است، مطالعات کمی انجام شده است (Shahverdi & Monem, 2015; Anwar & Clarke, 2001; Santhi & Pundarikanthan 2000; Mathur *et al*., 2009).

Kouchakzadeh *et al*. (1999) روش‌های مختلف بهره‌برداری را روی شبکه قوری‌چای بررسی کردند که در آن برنامه‌ریزی توزیع و تحویل آب به سه دسته بهره‌برداری خواست محور (برحسب تمایل)، نیمه‌خواست‌محور (برحسب درخواست) و برنامه‌ریزی‌شده (گردشی) تقسیم شده است. در این پژوهش مشخص شد که تغییر در روش بهره‌برداری شبکه، وضعیت عملکرد آن را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد و استفاده از روش‌هایی با انعطاف‌پذیری بیش‌تر، سبب عملکرد بهتر شبکه خواهد شد. عملکرد تحویل آب در شبکهٔ آبیاری زرینه رود توسط Khodadadi *et al*. (2018) در حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه ارزیابی و الگوی بهینه ارائه شد. در این بررسی، الگوی توزیع آب در شرایط کشت موجود با استفاده از الگوریتم PSO بهینه‌سازی شد. بر این اساس، چهار شاخص راندمان، کفایت، پایداری و عدالت توزیع، به‌ترتیب به ٦٥، ١٠٠، ٨ و ٦٠ درصد ارتقا می‌یابد که نشانه بهبود عملکرد شبکهٔ آبیاری زرینه رود، حتی در شرایط موجود است (Khodadadi *et al*., 2018). Yaltaghian *et al*. (2019) به بررسی راه‌کارهای غیرسازه‌ای و خودکارسازی، با ارزیابی عملکرد توزیع آب از دیدگاه فنی و اقتصاد مهندسی در شبکه آبیاری رودشت پرداختند. طبق نتایج به‌دست‌آمده راه‌کارهای غیرسازه‌ای سبب بهبود کفایت تحویل آب به آبگیرها، تا حداکثر ٢٢ درصد نسبت به بهره‌وری موجود شدند. به این صورت که زمان‌بندی تحویل آب به آب‌گیرها و افزایش دبی ورودی با کاهش مدت زمان آب‌گیری به‌عنوان راه‌کارهای غیرسازه‌ای و بهره‌گیری از سامانه کنترل خودکار MPC در قالب راه‌کار خودکارسازی مطرح شده‌اند.

چگونگی توزیع و تحویل آب به‌روش برحسب درخواست در شبکه آبیاری Welton-Mohak واقع در جنوب‌غربی آریزونا مطالعه و بررسی شد. در این مطالعه چگونگی عملکرد تحویل و توزیع آب با کمک داده‌های ثبت‌شده در شبکه مورد ارزیابی قرار گرفت. با ارزیابی انجام‌شده مشخص شد که تفاوت‌های متعددی بین سیاست‌های اتخاذشده در مورد روش تحویل آب و نحوه بهره‌برداری در شبکه وجود دارد که در طی سال‌ها نحوه بهره‌داری در شبکه تغییر کرده و باعث انعطاف‌پذیری بیش‌تر شده است (Palmer *et al*., 1991). روش‌های تحویل و توزیع آب در شبکه آبیاری Almudevar واقع در جنوب اسپانیا که به دو روش گردشی و برحسب درخواست مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد با هدف ارزیابی سطح واقعی مدیریت آب در شبکه و جمع‌آوری اطلاعات

جهت نوسازی و بازسازی این شبکه انجام شده است (Faci *et al.*, 2000). برخی از مشکلات مدیریتی که در این ارزیابی مشخص شد شامل این موارد است. ۱- متوسط آب تحویلی به کشاورزان ۴۳ درصد بیش‌تر از نیاز آبی بوده است، ۲- حجم آب تحویلی در صورت‌حساب ارائه‌شده رابطه معکوس با اندازه سطح زمین داشته است و ۳- تأخیر زیادی در تحویل آب وجود داشته است. Shahverdi & Monem (2015) روش مبتنی بر درخواست در شبکه آبیاری عقیلی را موردارزیابی قرار دادند. در این تحقیق الگوریتم هوشمند یادگیری تقویتی[۵] RL (Re-enforcement Learning) در ترکیب با مدل هیدرودینامیک ICSS[۶] (Irrigation Conveyance System Simulation) جهت برآورد دستورالعمل بهره‌برداری در این شبکه به‌کار گرفته شد. بدین ترتیب برای دبی‌های درخواست‌شده و سناریوهای مختلف، میزان مناسب تنظیم دریچه‌های آب‌گیر و آب‌بند استخراج شده است. با وجود تأکید پژوهش‌گران مختلف در نقش روش مبتنی بر درخواست در بهبود انعطاف‌پذیری و ارتقای عملکرد شبکه‌های آبیاری، متأسفانه هیچ‌یک به تنوع روش‌های برحسب درخواست و ضرورت تعیین مبانی و دسته‌بندی آن نپرداخته است. در این پژوهش اطلاعات تعدادی از شبکه‌های داخلی و خارجی که با روش مبتنی بر درخواست در حال بهره‌برداری بوده‌اند جمع‌آوری شد. با تحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده، مبانی روش توزیع و تحویل آب مبتنی بر درخواست تدوین و در شبکه‌های موردبررسی دسته‌بندی شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش اطلاعات شبکه‌هایی که با روش برحسب درخواست مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، موردنیاز بود. تعداد شبکه‌های کشور که اطلاعات مدون و ثبت‌شده در اختیار داشته و با روش برحسب درخواست بهره‌برداری شوند محدود است. لذا با بررسی‌های انجام‌شده، و بازدیدای صورت‌گرفته، سه شبکه آبیاری در ایران شامل شبکه‌های قزوین، عقیلی و گرمسار انتخاب شدند. در سطح بین‌الملل اگرچه محدودیت مذکور وجود ندارد، اما دسترسی به اطلاعات به‌راحتی مقدور نیست. لذا جمع‌آوری اطلاعات محدود به جستجوی اینترنتی و تماس با مسئولین شبکه‌ها و پژوهش‌گران مرتبط از طریق ایمیل شد. بدین ترتیب اطلاعات مفیدی از چهار مجموعه از شبکه‌های آبیاری خارج از کشور در اسپانیا و آمریکا (جدول ۱) جمع‌آوری شد. ویژگی‌های عمومی شبکه‌ها و اطلاعات جزیی مرتبط با روش تحویل و توزیع آب برای هر یک از آن‌ها در این قسمت معرفی می‌شود. همان‌طورکه در بخش بررسی سوابق مشخص شد، سابقه‌ای از بررسی مبانی روش‌های توزیع و تحویل آب برای دسته‌بندی روش برحسب درخواست به‌دست نیامد. علاوه بر این با توجه به محدودیت اطلاعات در دسترس، تحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده با استفاده از روش نظری و کارشناسی صورت گرفته است.

معرفی شبکه‌های مورد مطالعه

شبکه آبیاری قزوین

شبکه آبیاری قزوین جزو شبکه‌های مدرن کشور بوده که در سال۱۳۵۵ مورد بهره‌برداری قرار گرفت. آبگیری شبکه آبیاری و زه‌کشی دشت قزوین از سد انحرافی زیاران در پایین‌دست سد طالقان انجام می‌گیرد. در حالت ایده‌آل سهمیه آبی دشت قزوین از ذخیره سد طالقان ۲۷۸ میلیون مترمکعب است که در خشکسالی از این مقدار کسر خواهد شد.

در دشت قزوین از اوایل دهه ۷۰ برای هر کانال درجه ۳، یک تشکل آب‌بران به‌وجود آمده است. تمامی این تشکل‌ها دارای حداقل یک نماینده بوده که از بین

کشاورزان انتخاب می‌شود. هم‌چنین تعداد پنج دفتر فروش آب در شبکه وجود دارد که نمایندگان برای اطلاع از سهمیه آبی کشاورزان در ابتدای فصل کشت و هم‌چنین درخواست آب به این دفاتر مراجعه می‌کنند. از مهم‌ترین وظایف نمایندگان می‌توان به این موارد اشاره کرد: ۱- اطلاع‌رسانی دقیق به کشاورزان زیرمجموعه از میزان آب تخصیص‌یافته، ۲- ارتباط با دفاتر فروش فروش و توزیع آب و خرید نقدی آب، ۳-توزیع عادلانه آب بین کشاورزان در مدت زمان تحویل آب، ٤- تحویل آب از میراب در ابتدای کانال درجه سه، ٥- حفاظت از تأسیسات کانال‌ها و چاه‌های تلفیقی و جلوگیری از هرگونه برداشت غیرمجاز و تخریب تأسیسات. پیش از شروع فصل آبیاری، نیاز آبی گیاهان در این شبکه بر مبنای الگوی کشت فعلی، طبق روال معمول و استاندارد در مراحل و دهه‌های مختلف رشد به‌صورت ماهانه محاسبه می‌شود و به همان میزان در اختیار مصرف‌کننده (زارع) قرار می‌گیرد. درابتدای هر فصل زراعی بر اساس سهمیه آب اعلام‌شده از سد طالقان سهمیه آبی کشاورزان تعیین می‌شود و به دفاتر فروش آب و نمایندگان اعلام می‌شود. مقدار سطح زیرکشت بر اساس سهمیه آبی تعیین شده است که در سال‌های پر آبی تمامی سطح شبکه زیر کشت خواهد رفت اما در سال‌های کم آبی به تناسب سهمیه کسر شده از آب ورودی به شبکه، از سطح زیر کشت کاسته خواهد شد. فرایند توزیع و تحویل آب در این شبکه از درخواست کشاورزان شروع می‌شود. کشاورزان ابتدا درخواست آبی خود را براساس سهمیه تعریف‌شده، به‌طور معمول هر ده روز یک‌بار به نمایندگان تشکل‌ها اعلام می‌کنند. نمایندگان تشکل پس از جمع‌آوری درخواست‌ها برای خرید نقدی آب به دفاتر فروش آب مراجعه می‌کنند، که تمامی این درخواست‌ها از طرف دفاتر فروش به دفتر توزیع آب اعلام می‌شود. در نهایت برنامه روزانه تحویل آب از طرف دفاتر فروش در اختیار میرآب‌ها قرار داده شده تا آب درخواستی به نمایندگان تحویل داده شود. در صورت وجود آب کافی متناسب با درخواست‌ها، معمولاً به تمامی درخواست‌ها در همان روز پاسخ داده می‌شود. آب به‌صورت ٢٤ ساعته تحویل هر کانال درجه ۳ داده می‌شود و مدیریت و توزیع آن بعد از کانال درجه ۳ در طول ٢٤ ساعت بر عهده نماینده تشکل و خود کشاورزان بوده و با توافقات داخلی انجام می‌شود. در صورت ترافیک شدید برای درخواست آب و محدودیت آب موجود، اولویت با کسانی خواهد بود که زودتر برای خرید آب مراجعه کرده و به بقیه درخواست‌ها با هماهنگی دفتر توزیع آب در روزهای بعد پاسخ داده می‌شود. حداکثر فاصله زمان درخواست تا تحویل در این شرایط ۲ تا ۳ روز است.

شبکه آبیاری عقیلی

شبکه آبیاری عقیلی واقع در استان خوزستان، متشکل از کانال اصلی عقیلی و دو کانال درجه یک به نام‌های عقیلی شرقی و عقیلی غربی است. میزان آب مصرفی این شبکه ۱۵۰ میلیون مترمکعب برآورد شده است. سهمیه آب این شبکه در ابتدای هر فصل از سوی دفتر بهره‌برداری اعلام شده و برنامه‌ریزی لازم برای فصل کشت آتی با توجه به الگوی کشت منطقه انجام خواهد شد. در این شبکه به‌طور معمول یک ماه قبل از شروع فصل کشت اکثر کشاورزان به دفاتر تعاونی مستقر در منطقه جهت عقد قرارداد آبی مراجعه می‌کنند. در قرارداد مذکور نوع کشت و سطح زیر کشت مشخص می‌شود و سپس نیاز آبی محصول مورد نظر توسط کارشناسان تعاونی به‌صورت هکتاری و ماهانه محاسبه شده و در قرارداد نوشته می‌شود. مقدار آب‌بها بسته به تمکن مالی کشاورز در ابتدای فصل به‌صورت یک‌جا پرداخت شده و یا در آخر فصل کشت دریافت

می‌شود. پس از شروع فصل کشت کشاورزان می‌توانند هر ۱۰ روز یک‌بار درخواست آب نمایند که مقدار آب موردنیاز از سوی تعاونی براساس قرارداد نوشته شده تعیین و تحویل داده می‌شود. اولویت تحویل آب با افرادی است که قرارداد آبی دارند. در تمامی شبکه آب به‌صورت ٢٤ ساعته به ابتدای کانال درجه ۳ تحویل داده می‌شود و توزیع داخلی آب بین کانال درجه ۳ و ٤ با خود کشاورزان است. در مواقع بارندگی در سطح شبکه آبی تحویل داده نمی‌شود و دریچه‌ها کاملاً بسته شده و آب کانال قطع می‌شود. در صورت کمبود آب در شبکه به‌صورت نوبتی آب به کانال‌های اصلی تحویل داده می‌شود.

شبکه آبیاری گرمسار

دشت گرمسار یکی از حاصل‌خیزترین دشت‌های استان سمنان بوده که در ۱۰۰ کیلومتری جنوب شرق تهران واقع شده است. آب موردنیاز این منطقه به‌طور مستقیم از رودخانه حبله‌رود که فاقد سد مخزنی بوده تأمین می‌شود. مقدار حق‌آبه گرمسار از این رودخانه حدود ۳/۲۵ مترمکعب است. حق‌آبه تمامی روستاها و کشاورزان براساس حق‌آبه‌ای است که در دفاتر مالیاتی قدیم (دفاتر جزء و جمع) ثبت شده است. کشاورزان با توجه به حق‌آبه مصوب خود برنامه‌ریزی لازم برای نوع محصول و سطح زیر کشت را انجام می‌دهند. در مناطقی مثل گرمسار که سد مخزنی وجود ندارد، به‌دلیل نوسانات زیاد سطح آب رودخانه حبله رود، آب مطمئن و پایدار نیز وجود ندارد. بنابراین براساس آب ورودی از بند انحرافی برنامه‌ریزی‌ها به‌صورت روزانه انجام می‌شود. هر روز در ابتدای صبح مقدار آب ورودی از بند انحرافی اندازه‌گیری شده و به دفتر بهره‌برداری اعلام می‌شود. فرم درخواست آب روزانه و در ابتدای صبح توسط کشاورزان پر می‌شود.

به‌طور معمول، از هر روستا یک نفر به دفتر توزیع آب مراجعه کرده مقدار آب درخواستی خود را اعلام می‌کند و به‌صورت نقدی مقدار آب‌بها را در همان لحظه پرداخت می‌کند. حدود ۱۲۰ روستا در شبکه گرمسار وجود دارد که باید آب روزانه بین آن‌ها توزیع شود. کارشناسان توزیع آب درخواست‌ها را موردبررسی قرار می‌دهند و با توجه به حجم آب اندازه‌گیری‌شده از بند انحرافی برنامه‌ریزی برای توزیع و تحویل آب را برای همان روز انجام می‌دهند و موظف هستند که به تمامی درخواست‌ها در همان روز پاسخ دهند. اما در شرایطی که آب موجود جواب‌گوی نیازها نباشد به نسبت مساوی از تمامی درخواست کسر می‌شود تا به تمامی درخواست‌کنندگان در همان روز آب تحویل داده شود. پس از انجام برنامه‌ریزی با میرآب‌هایی که درسراسر شبکه مستقر هستند، تماس گرفته می‌شود و به آن‌ها برنامه تحویل آب اعلام می‌شود. آب به‌صورت ٢٤ ساعته و به‌صورت حجمی به کانال درجه ۳ و کشاورز تحویل داده می‌شود. تقسیم، توزیع و تحویل آب در طول زمان در روستا به‌عهده خود کشاورزان است. هم‌چنین در اکثر روستاها کانال‌های درجه ٤ تحویل کشاورزان داده شده به‌صورتی که عملیات نگهداری و بهره‌برداری از آن‌ها با نظارت دفتر بهره‌برداری به عهده خودشان است.

در شبکه گرمسار خرید آب، تضمینی برای دریافت آب نیست زیرا به‌دلیل عدم وجود سد مخزنی و در نتیجه عدم وجود آب پایدار و مطمئن نمی‌توان تضمینی برای دریافت آب ایجاد کرد و برنامه‌ریزی تحویل و توزیع آب روزانه با توجه به آب ورودی و اندازه‌گیری‌شده به شبکه در هر روز، انجام می‌شود. کشاورزانی که بهای کامل آب درخواستی روزانه خود را پرداخت کرده‌اند اما به‌دلیل کمبود آب در شبکه، بخشی یا تمامی حق‌آبه درخواستی را دریافت نکرده‌اند، با ارائه قبض آب خود در روزهای بعد،

اختلاف میزان آب درخواستی و تحویلی خود را در صورت امکان دریافت خواهند نمود. در شرایط بحرانی که آب خروجی از بند انحرافی بسیار پایین بوده، به‌طوری‌که حتی با کسرکردن درصدی از همه درخواست‌ها نتوان آب چندین روستا را تأمین کرد، برای تأمین درخواست‌ها کارشناسان توزیع آب، حق‌آبه روستاهایی را که دارای چاه و آب زیرزمینی هستند را در نظر نگرفته و آب موجود بین روستاهای فاقد چاه توزیع می‌شود.

شبکه آبیاری Almudévar در اسپانیا

شبکه المودوار یکی از شبکه‌های بزرگ اسپانیا بوده است که در شمال‌غربی اسپانیا و در استان Huesca واقع شده است. این شبکه دارای سه کانال اصلی به نام‌های Monegros، Santa Quiteria و Violada است که آب موردنیاز شبکه را توزیع می‌کنند و به‌ترتیب دارای ۹، ۱٦ و ۱٤ آب‌گیر می‌باشند. ظرفیت کانال‌های آبرسان این شبکه دارای ظرفیت پایین بین ۵۰ تا ۳۰۰ لیتر بر ثانیه بوده و محدوده آب تحویلی به کشاورزان بین ۵۰ تا ۱۰۰ لیتر بر ثانیه است. به‌دلیل نبودن مخزن ذخیره آب، تمامی کانال‌های این شبکه هر ۲٤ ساعت یک‌بار بهره‌برداری می‌شوند. دفتر بهره‌برداری شبکه در روستای آلمودوار واقع است که متشکل از مدیر، هیأت امنا، منشی و میرآب‌های شبکه می‌باشند که همگی آن‌ها از کشاورزان منطقه می‌باشند. تعداد میرآب‌ها چهار یا شش نفر بسته به فصل آبیاری متغیر است. یکی از روش‌های مورداستفاده روش برحسب درخواست محدود شده است. در روش برحسب درخواست با دبی محدودشده کشاورزان زمانی که به آب نیاز داشته باشند، درخواست خود را به‌صورت حجمی به دفتر بهره‌برداری اعلام می‌کنند. مجموع کل حجم آب درخواستی بایستی حداکثر متناسب با ظرفیت کانال آبیاری باشد. سپس دفتر بهره‌برداری براساس درخواست‌های کشاورزان برنامه‌ریزی تحویل آب برای هر کانال آبیاری را انجام می‌دهد و توالی تحویل آب در کانال‌های آبیاری مشخص می‌شود که به‌طور معمول از بالادست به پایین‌دست صورت می‌گیرد. فاصله بین زمان درخواست و زمان تحویل بسته به تعداد درخواست‌هایی که هم‌زمان اعلام می‌شود و ظرفیت کانال آبیاری متغیر است. برنامه تحویل آب در هر کانال آبیاری از دو روز قبل در دفتر بهره‌برداری اعلام می‌شود. در مواقعی که تقاضای هم‌زمان آب در یک کانال زیاد باشد یا به اصطلاح در زمان ترافیک شدید، دفتر بهره‌برداری اقدامات خاصی را انجام می‌دهد. این اقدامات عبارتند از اولویت‌دادن به مزارعی که از آخرین زمان آبیاری آن‌ها مدت طولانی‌تری گذشته و یا محدودکردن مدت زمان تحویل. در زمان فصل پیک آبیاری که تقاضا برای آب بسیار زیاد بوده و ظرفیت شبکه جواب‌گوی نیازها نباشد، دفتر بهره‌برداری مجبور به رعایت عدالت در توزیع آب خواهد بود. در این صورت سیستم تحویل آب از روش برحسب درخواست به سیستم به‌طور کامل گردشی تغییر پیدا می‌کند. تمامی اطلاعات کشاورزان و سفارشات آب اعم از اطلاعات فردی، سطح زیرکشت، نوع محصول، نام کانال تحت پوشش مزرعه، تاریخ تقاضا و تحویل آب، حجم آب تحویلی، نام میرآب کانال، جهت صدور قبض آب و برنامه‌ریزی و مطالعه برای سال‌های آینده در پایگاه اطلاعاتی ثبت می‌شود (Faci *et al.*, 2000).

شبکه‌های آبیاری Quincy، East و South در ایالات متحده آمریکا (USA)

شبکه‌های آبیاری Quincy، East و South در ایالت مرکزی واشنگتن و در شمال‌غربی ایالات متحده واقع شده است. آب موردنیاز برای آبیاری توسط سد مخزنی Grand Coulee

تأمین می‌شود که از طریق یک کانال تغذیه‌کننده به طول ۳۲ کیلومتر به شبکه‌های آبیاری Quincy و East هدایت می‌شود. هم‌چنین یک مخزن ذخیره، آب موردنیاز برای شبکه آبیاری South را که در قسمت پایین‌تری واقع شده است فراهم می‌کند. طول کل کانال‌های آبیاری ۳۲٦۸ کیلومتر بوده که ۲۳۱ هزار هکتار از زمین‌های کشاورزی را آبیاری می‌نمایند. این شبکه‌ها در سال ۱۹۳۹ تأسیس شده‌اند که به‌طور معمول توسط یک هیأت مدیره که از میان مصرف‌کنندگان انتخاب شده‌اند، اداره می‌شوند. برخی از وظایف هیأت مدیره شامل موارد زیر است: ۱- برنامه‌ریزی و اجرای قوانین و برنامه‌ها، ۲- جمع‌آوری هزینه‌ها و ۳- اعمال محدودیت بر افرادی که هزینه آبیاری خود را پرداخت نکرده‌اند. این محدودیت‌ها شامل لغو تحویل آب و یا حتی سلب مالکیت اراضی کسانی که هزینه‌های مورد نظر را پرداخت نکرده‌اند، می‌باشند. در این شبکه‌ها تمامی کشاورزان دارای حق‌آبه مشخص و محدود هستند. مصرف‌کنندگان بایستی حداقل یک روز قبل، آب مورد نیاز خود را اعلام کنند. برآورد آب موردنیاز گیاه و زمان مورد نیاز آبیاری بر عهده خود کشاورز است. در مواردی که برخی از کشاورزان بیش‌تر از سهمیه نرمال خود، درخواست آب داشته باشند، آب مازاد بر سهمیه، در صورت وجود آب در شبکه، با قیمت بالاتری فروخته می‌شود. تا زمانی که کشاورزان آب‌بها خود را پرداخت نکنند، آبی به مزارع تحویل داده نمی‌شود. هم‌چنین تمامی گزارش‌های ماهانه تحویل آب و هزینه‌های پرداختی هر مزرعه در هر شبکه ثبت می‌شود (Svendsen & Vermillion, 2001).

شبکه آبیاری Welton-Mohak آمریکا

شبکه آبیاری و زه‌کشی ولتون موهاک در طول رودخانه Gila در جنوب غربی آریزونا و در نزدیکی شهر Yuma در آمریکا واقع شده و به‌عنوان یکی از پروژه‌هایی است که مطابق با استانداردهای ایالات متحده بهره‌برداری می‌شود. در این شبکه از میان ۱۱۰ مالک که در کل شبکه وجود دارد، نُه نفر به‌عنوان هیأت مدیره انتخاب شده‌اند. بهره‌برداری از شبکه توسط مدیر شبکه، نظارت و کنترل می‌شود. مدیر توزیع، وظیفه دریافت سفارش آب، تحویل آب و محاسبه آب‌بها را دارد. روش توزیع در این شبکه روش برحسب درخواست محدود[4] است. به این صورت که در این روش مدت زمان تحویل (حداکثر ۷۲ ساعت)، مقدار جریان تحویلی هر آب‌گیر (حداکثر ٤۲۵ لیتر بر ثانیه) و دور آبیاری از سوی کشاورزان تعیین و درخواست می‌شود. درخواست‌های کشاورزان بایستی حداقل چهار روز قبل به مسئول مربوطه اعلام شود. هم‌چنین امکان لغو درخواست‌ها از سوی کشاورزان ۱۲ ساعت قبل از تحویل وجود دارد. برای آماده‌سازی‌های لازم میرآب‌ها، تحویل آب ممکن است یک روز زودتر و یا دیرتر از زمان درخواست‌شده انجام شود. امکان تمدید مدت یک آبیاری در حال انجام نیز، برای حداکثر شش ساعت دیگر وجود دارد، که بایستی حداقل سه تا شش ساعت قبل اعلام شود. در هر برنامه تحویل آب، میرآب‌ها کارت آبیاری هر کشاورز را که شامل نام درخواست‌کننده، موقعیت و نام دریچه، تاریخ و زمان درخواست و تاریخ و زمان اتمام تحویل است را تکمیل کرده و ثبت می‌کنند. تمامی این کارت‌ها به مدیریت شبکه جهت محاسبه آب‌بها فرستاده می‌شود (Palmer *et al.*, 1991).

شبکه‌های آبیاری کالیفرنیا

در شبکه‌های آبیاری کالیفرنیا سه روش مرسوم توزیع و تحویل آب به‌کار برده می‌شود که عبارتند از گردشی، برحسب در خواست یا توافقی و برحسب تمایل. در شکل (۲) انواع سیستم‌های توزیع و تحویل آب برحسب درصد نشان داده شده است. سیستم‌های برحسب درخواست در این منطقه بسته به فاصله درخواست تا

تحویل (بین ۱ تا ٤٨ ساعت) دسته‌بندی شده‌اند که در این شکل Arranged 1, 2, 3 به‌ترتیب تحویل و توزیع آب برحسب درخواست یک تا ۱۲ ساعته، ۱۲ تا ٢٤ ساعته و بیش‌تر از ٤٨ ساعته می‌باشند، که متداول‌ترین سیستم‌های تحویل در این منطقه می‌باشند. در این نوع سیستم تعیین پارامترهای تحویل شامل دبی، دور و مدت زمان آبیاری برعهده خود کشاورز است. کشاورزان آب موردنیاز خود را برای زمان و تاریخ معین درخواست می‌کنند. سپس آب درخواستی یک تا ٤٨ ساعت پس از درخواست، تحویل سیستم آبیاری می‌شود. زمان تحویل آب بستگی به ظرفیت و محدودیت‌های موجود در شبکه دارد. این سیستم آن‌قدر انعطاف‌پذیر نبوده که به کشاورزان اجازه دهد تا نیاز خود را براساس تغییرات کوتاه‌مدت در شرایط آب‌وهوایی و یا رطوبت خاک تنظیم کنند (Christian-Smith, 2013).

نتایج و بحث

با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده ازشبکه‌های داخلی و خارجی، پارامترهای مؤثر در توزیع و تحویل آب و دسته‌بندی این روش‌ها شناسایی شد. مهم‌ترین نکته‌ها در تحویل آب در این شبکه‌ها عبارتند از ثابت یا متغیربودن پارامترهای تحویل (شامل دبی، دور و مدت زمان آبیاری)، اطمینان از منبع تأمین آب، مرجع مسئول توزیع آب در کانال‌های اصلی و فرعی، مرجع محاسبه نیاز آبی، فاصله درخواست تا تحویل، و مدیریت توزیع آب در زمان ترافیک شدید (هنگامی‌که مجموع درخواست‌ها بیش از ظرفیت کانال است). تمامی این عوامل در تعیین انعطاف‌پذیری روش‌های برحسب درخواست مؤثر بوده و دسته‌های متفاوتی را ایجاد می‌کنند. خلاصه‌ای از این اطلاعات و معیارهای موردنظر جهت دسته‌بندی روش‌های توزیع و تحویل برحسب درخواست جمع‌بندی شده و در جدول (۱) آورده‌شده است.

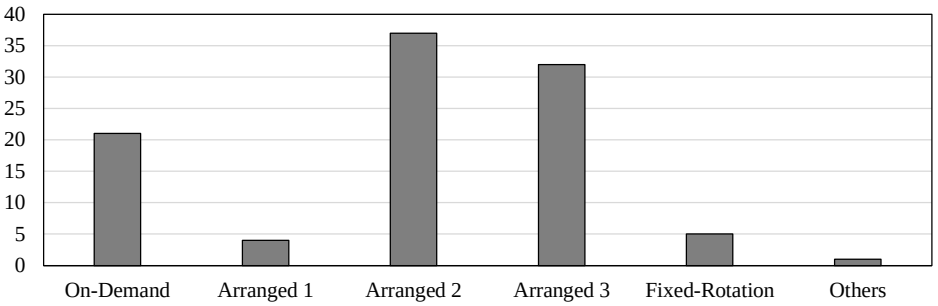

Figure 2. Water delivery and distribution systems in California (Christian-Smith, 2013)

Table 1. Information collected from water delivery process in the studied networks

Irrigation Network		California	Welton-Mohak	USA	Almudévar	Garmasar	Aghili	Ghazvin
Water source		Storage dam	Storage dam	Storage dam	Storage dam	Run of the river	Storage dam	Storage dam
Agent of distributing water	Main and secondary canals	Network manager	Network manager	Network manager	Network manager	Network manager	Water Association	Water Association
	Tertiary canals	Network manager	Network manager	Network manager	Network manager	Agreements between farmers	Agreements between farmers	Agreements between farmers
Delivery parameters	Frequency (f)	Variable	Variable	Variable	Variable	10 days	10 days	10 days
	Flow (Q)	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable
	Time (t)	Limited variable	Limited variable	Limited variable	Limited variable	24 hours	24 hours	24 hours
Responsible person for estimating crop water Requirements		Farmer	Farmer	Farmer	Farmer	Network manager	Network manager	Network manager
Initiation of water delivery process		Farmer's orders	Farmer's orders	Farmer's orders	Farmer's orders	Farmer's orders	Farmer's orders	Farmer's orders
Request time to delivery		1 to 48 hours	Maximum 4 days	24 hours	3 to 7 days	Delivery on the same day	24 hours	2 to 3 days

در برنامه‌های تحویل آب توافقی، کشاورزان در برنامه‌ریزی آبیاری مشارکت کرده، بدین صورت که تعدادی از پارامترهای توزیع و تحویل (شامل دبی، دور، مدت آبیاری و زمان تحویل آب) و یا تمامی آن‌ها براساس درخواست مصرف‌کننده و توافق بین او و سازمان تأمین‌کننده آب تنظیم می‌شود. چگونگی توافق در این سیستم تحویل آب در شبکه می‌تواند تأثیر مستقیم بر میزان انعطاف‌پذیری برنامه برحسب درخواست داشته باشد. به‌طورکلی، با تغییر سه عامل دبی (Q)، مدت زمان آبیاری (t)، تناوب یا دور آبیاری (f) و سایر پارامترهای مؤثر، می‌توان برنامه‌های متعددی از روش برحسب درخواست را از یک سیستم کاملاً نزدیک به روش برحسب نیاز، تا یک سیستم برحسب درخواست بسیار محدود، تعریف نمود. انعطاف‌پذیرترین روش برحسب درخواست، روشی است که در آن تمامی پارامترها متغیر بوده و در دامنه به‌طور نسبی بزرگی توسط کشاورز، با توجه به محدودیت‌های سیستم، و توافق‌های انجام‌شده، تعیین می‌شود. در برخی از شبکه‌های موردمطالعه مانند آلمودوار و شبکه‌های کالیفرنیا انعطاف‌پذیری به‌طور نسبی بالایی در نظر گرفته شده، زیرا درخواست تمامی پارامترهای توزیع آب بدون محدودیت‌های چندان (به‌جز محدودیت‌های فیزیکی سیستم)، در اختیار کشاورز است. در این شبکه‌ها کشاورز تنها بایستی درخواست خود را از قبل اعلام نماید تا مدیر شبکه برای آن برنامه‌ریزی کند. در برخی دیگر از شبکه‌های موردمطالعه مانند شبکه ولتون موهاک در آمریکا، حداکثر جریان در شبکه و میزان جریان تخصیص داده شده به هر کشاورز قبل از شروع فصل آبیاری تعیین و اعلام می‌شود. در این شبکه‌ها کشاورز براساس سهمیه در دسترس، برنامه‌ریزی آبیاری خود را انجام داده و درخواست‌های خود را براساس نیاز آبی گیاه در طول فصل رشد، تنظیم می‌نماید. این روش می‌تواند یکی از راه‌کارهای مناسب برای شبکه‌هایی با منبع آب محدود و مشخص باشد. در این حالت کشاورز می‌تواند براساس جریان در دسترس، برنامه‌ریزی لازم برای فصل کشت را انجام داده و پارامترهای Q، t و F را تا حد امکان متناسب با نیاز آبی گیاه در طول فصل رشد، تنظیم و درخواست نماید. در این شرایط ممکن است بتوان با برنامه‌ریزی و توافق انجام‌شده در طول یک آبیاری، تغییراتی در مدت زمان آبیاری (یا حتی دبی) نیز در نظر گرفت. به‌طور مثال، اگر مقدار جریان تحویلی (دبی) به هر کشاورز ثابت و غیرقابل تغییر باشد، می‌توان با تغییر زمان تحویل (t) انعطاف‌پذیری سیستم را تا حدودی افزایش داد. به‌عنوان مثال به جای این‌که در هر ده روز کشاورز یک‌بار به‌مدت ۲٤ ساعت آب دریافت کند، می‌تواند برای دو بار به‌مدت ۱۲ ساعت و یا چهار بار به‌مدت شش ساعت سهم آب خود را دریافت کند. با این روش (زمان تحویل متغیر و در اختیار زارع) کشاورز انعطاف‌پذیری بیش‌تری در هماهنگ‌کردن نیاز آبی محصول و انجام عملیات آبیاری دارد. هم‌چنین می‌توان در مواردی که سهمیه جریان تحویلی به هر کشاورز در طول فصل آبیاری و زمان تحویل (t) به‌دلیل محدودیت‌های شبکه از پیش تعیین‌شده و ثابت است، با تغییر در دور آبیاری انعطاف‌پذیری سیستم را افزایش داد. فرض کنید این اختیار را به کشاورز داده شود که به‌جای این‌که مقدار جریان را هر ۱۵ روز و به‌مدت ۲٤ ساعت دریافت کند، بتواند سهم آب ماهانه خود را توافقی و در هر زمان که ضروری بود دریافت کند. به‌عنوان مثال به جای دریافت آب دو بار در ماه و با دور ثابت ۱۵ روزه (گردشی)، بتواند در صورت لزوم کل سهمیه خود را یک‌بار یا سه بار در ماه دریافت کند. این امر موجب تغییر از حالت گردشی به سمت توافقی، و برنامه‌ریزی بهتر آبیاری از سوی کشاورز می‌شود. در شبکه قزوین به‌عنوان یک شبکه داخلی، آب با مدت زمان تحویل ثابت ۲٤ ساعته و دور آبیاری ۱۰ روزه و دبی از قبل تعیین‌شده با فاصله درخواست حداقل یک روز به کشاورزان در ابتدای هر کانال درجه سه تحویل داده می‌شود و کشاورز فقط می‌تواند

سهمیه آب تعیین‌شده را طبق زمان‌بندی خریداری کند. بعد از کانال درجه ۳ توزیع آب براساس توافق‌های داخلی بین کشاورزان انجام می‌شود که ممکن است آب تحویلی با پارامترهای ثابت ذکرشده در طول ۲٤ ساعت بین یک تا چند کشاورز با توافق‌های داخلی توزیع شود. در این شبکه نسبت به شبکه‌های خارجی، حداقل مشارکت و تصمیم‌گیری در مورد پارامتری‌های توزیع و تحویل آب به کشاورزان داده شده و دارای انعطاف‌پذیری پایین‌تری است.

یکی دیگر از پارامترهای مهم در دسته‌بندی روش برحسب درخواست، فاصله زمانی میان اعلام درخواست تا تحویل است. زیرا در صورت تغییرات شرایط جوی (دما یا بارش) تعیین زمان‌های تحویل آب در کوتاه‌مدت، می‌تواند در موفقیت برنامه آبیاری تأثیر به‌سزایی داشته باشد. هر اندازه زمان پاسخ‌گویی به درخواست کشاورزان کوتاه‌تر باشد (بازه زمانی بین درخواست و تحویل کوتاه‌تر باشد)، برنامه‌ریزی کشاورزان برای آبیاری دقیق‌تر خواهد شد و روش برحسب درخواست به سیستم برحسب نیاز نزدیک‌تر می‌شود.

براساس مطالعات انجام‌شده در شبکه‌های موردبررسی و اطلاعات به‌دست‌آمده روش‌های برحسب درخواست در این شبکه‌ها به‌صورت جدول (۲) دسته‌بندی شده است.

در میان دسته‌های موجود، شبکه‌های خارجی موردمطالعه به‌دلیل متغیربودن همه پارامترهای تحویل و سهم بیش‌تر کشاورزان در مشارکت و تعیین پارامترهای مؤثر در توزیع و تحویل دارای حداکثر انعطاف‌پذیری می‌باشند. تعیین پارامترهای مذکور توسط کشاورزان نشان‌دهنده دانش کافی و مناسب آن‌ها در زمینه آبیاری و محصولات کشت شده است که می‌توانند درخواست و دستورات خود را با نیاز واقعی محصول تنظیم کنند. درحالی‌که شبکه‌های داخلی موردمطالعه، به‌دلیل محدودیت آب در سطح شبکه، نبودن زیرساخت‌های فرهنگی و اجتماعی و مشارکت ناچیز کشاورزان در تعیین پارامترهای تحویل، انعطاف‌پذیری کم‌تری داشته‌اند.

براساس دسته‌بندی جدول (۲) می‌توان روش‌های موجود را با توجه به روش بهره‌برداری و مدیریت آن در بخش توزیع و تحویل آب به سه دسته کلی تقسیم کرد (شکل ۳). در دسته A تمامی پارامترهای تحویل متغیر بوده و براساس نیاز کشاورز تعیین می‌شود که دارای حداکثر انعطاف‌پذیری است مانند شبکه‌های آبیاری کالیفرنیا. دسته C دارای حداقل انعطاف‌پذیری است و کشاورزان مشارکتی چندانی در برنامه‌ریزی توزیع و تحویل ندارند که به‌طور عمده توسط مسئولین محلی و یا سازمان‌های مربوطه مدیریت می‌شوند مانند شبکه عقیلی و در نهایت دسته B که مابین این دو دسته بوده است و پارامترهای تحویل در این دسته با توافق بین کشاورز و اداره توزیع آب انجام می‌شود. در این دسته بسته به میزان مشارکت کشاورزان و شرایط موجود در هر شبکه می‌توان روش‌های مختلفی از برحسب درخواست با انعطاف‌پذیری‌های متفاوت تعریف کرد.

Table 2. Classification of arranged delivery methods in the studied irrigation networks

Irrigation network	Delivery parameters			Request distance to delivery (hours) T		
	Q	f	t	1-24	24-48	T > 48
Almudévar	L-V	V	V	–	–	■
USA	L-V	V	V	–	■	–
Welton-Mohak	L-V	V	V	–	■	–
California	L-V	V	V	■	■	–
Ghazvin	V_C	C	C	–	■	■
Aghili	V_C	C	C	–	■	–
Garmsar	V_C	V	C	■	–	–

* L-V: Variable based on farmer request and limited to system capacity
* V_C: Variable based on cultivation pattern and predetermined by the network manager
* C: Fixed

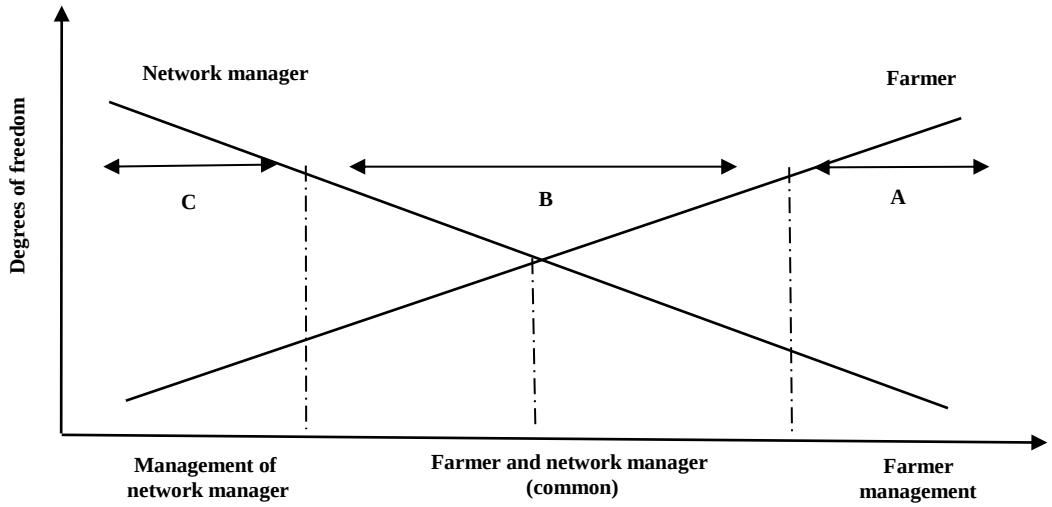

Figure 3. Classification of arranged delivery methods according to the farmer's management and Network manager in management and planning

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان اظهار داشت مهم‌ترین عوامل در دسته‌بندی روش‌های برحسب درخواست، عبارتند از ثابت یا متغیربودن عوامل تحویل و دامنه تغییرات آن‌ها، فرد مسئول در برآورد نیاز آبی و مجری روش تحویل در شبکه اصلی و فرعی و فاصله زمانی درخواست تا تحویل. با توجه به عوامل ذکرشده و سطوح تصمیم‌گیری درباره آن‌ها روش‌های مختلفی با انعطاف‌پذیرهای متغیر از برحسب درخواست تعریف می‌شود. هر چقدر دانش کشاورزان در مدیریت آبیاری بیش‌تر باشد، و توانمندی‌های مدیریت شبکه بالاتر باشد، می‌توان روش‌های برحسب درخواست با انعطاف‌پذیری بیش‌تری را انتخاب نمود. انتخاب هر یک از روش‌های برحسب درخواست، تأثیر مستقیمی بر عملیات بهره‌برداری و مدیریت شبکه خواهد داشت. بر مبنای این دسته‌بندی اصولی، روش برحسب درخواست، پیش‌نیاز تعیین تناسب شبکه‌ها برای اجرای روش‌های مختلف برحسب درخواست در شبکه می‌باشد.

پی‌نوشت‌ها

1. Rotational
2. On-will or On-demand
3. On-request (Arranged)
4. Restricted-Arranged Schedule
5. Re-enforcement Learning
6. Irrigation Conveyance System Simulation

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

1. Anwar, A.A., & Clarke, D. (2001). Irrigation scheduling using mixed-integer linear programming. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 127(2), 63-69.
2. Christian-Smith, J. (2013). State and Federal Financing Accelerates Efficiency: Panoche Water and Drainage District and Sierra Orchards. *Pacific institute farm water success stories: state and federal funding.*
3. Clemmens, A.J. (1987). Delivery system schedules and required capacities. *Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems, Irrigation Division. ASCE, Portland, OR, USA*, pp. 18-34.
4. Faci, J.M., Bensaci, A., Slatni, A., & Playán, E. (2000). A case study for irrigation modernization: I. Characterization of the district and analysis of water delivery records. *Agricultural Water Management*, *42*(3), 313-334.

5. Khodadadi, S., Yasi, M., & Monem, M.J. (2018). Performance evaluation and optimization of water delivery schedule in the Zarinehroud irrigation network. *Journal of Water and Irrigation Management,* 7(1), 105-119. (In Persian).
6. Kouchakzadeh, S., Monem, M.J., & Kasbdouz, SH. (1999). Determination of the optimal water distribution policy in an irrigation network (Case study: Qurichay Network). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 30(2), 369-378. (In Persian).
7. Mathur, Y., Sharma,G., & Pawde, A. (2009). Optimal Operation Scheduling of Irrigation Canals Using Genetic Algorithm. *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 1(6), 11-15.
8. Mohseni Movahed, S.A., & Monem M.J. (2007). Introduction of a new mathematical model for the evaluation and optimization of irrigation canal performance. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11(40), 13-25. (In Persian).
9. Palmer, J. D., Clemenes, A. J., Derick, A. R., Replogle, J. A., & Clyma, W. (1991). Delivery system performance case study: Welton-Mohawk irrigation and drainage district, USA. *Irrigation and Drainage Systems*, *5*(1), 89-109.
10. Santhi, C., & Pundarikanthan, N. (2000). A new planning model for canal scheduling of rotational irrigation. *Agricultural Water Management*, 43(3), 327-343.
11. Shahverdi K., & Monem, M.J. (2015). Application of reinforcement learning algorithm for automation of canal structures. *Irrigation and Drainage*, 64(1), 77-84.
12. Svendsen, M., & Vermillion, D. (2001). Irrigation Management Transfer in the Columbia Basin, USA: *A Review of Context, Process and Results*.
13. Yaltaghian Khiabani, M., Hashemy, M., Banihabib, M.E., & Hassani, Y. (2019). Feasibility of Employing Non-Structural and Automation Approaches to Improving Operation of Water Distribution Systems (Case Study: Roodasht Irrigation District). *Journal of Water and Irrigation Management,* 9(1), 110-127. (In Persian).