Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Water and Soil Conservation

Print ISSN: 2322-2069
Online ISSN: 2322-2794

(OPEN ACCESS)

A review emphasizing the significant role of monitoring water markets through the efficient use of remote sensing technologies

Mousa Hesam[*1], Mojtaba Shaker[2], Khalil Ghorbani[3]

1. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hesamm@gau.ac.ir
2. Ph.D. Student of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mojtaba.shaker_s99@gau.ac.ir
3. Professor, Dept. of Water Engineering, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: ghorbani.khalil@gau.ac.ir

Article Info

Article type:
Review Article

Article history:
Received: 08.14.2024
Revised: 11.17.2024
Accepted: 11.26.2024

Keywords:
Management,
Monitoring and Evaluation,
Remote Sensing,
Water Market

ABSTRACT

Background and Objectives: The increasing global demand for water, combined with its limited supply, has led to an imbalance between resources and consumption, driven by both natural limitations and human actions. As a result, the water crisis has emerged as a significant challenge, prompting various developments worldwide and in Iran. One key shift has been from supply-oriented policies toward demand management and the protection of existing water resources. In Iran, the rising demand for agricultural water has intensified the focus on demand management and the establishment of agricultural water markets. Research, both global and domestic, shows that the implementation of water markets in different regions has positively impacted the demand management process. However, for these markets to be effective and sustainable, it is crucial to develop appropriate legal, management, and supervisory infrastructures.

Materials and Methods: This article takes a review and analytical approach, focusing on extensive research conducted on water markets worldwide. It first examines the past and present performance of water markets established in various countries and regions of Iran, as referenced in multiple research sources. Next, the article analyzes the general trends and objectives of these markets, discussing their history, establishment, and operational processes. It also highlights their strengths and weaknesses, emphasizing the importance of monitoring and evaluation in the management, sustainability, and future development of these markets through modern technologies. Finally, the article addresses several challenges faced by these markets and discusses the role of remote sensing technology in their monitoring and evaluation. It points out the specific areas where this technology can effectively manage and oversee water markets.

Results: In all the cases studied, market managers have implemented effective measures to address various obstacles and problems. However, the prevailing technical, political, social, and cultural conditions in water markets have significantly impacted their future development due to the lack of continuous field-level monitoring. Therefore, it is crucial to establish a comprehensive and transparent monitoring management framework at all levels that affect these markets. The extensive coverage required in these

markets presents a serious challenge. Many reports suggest that utilizing modern technologies, particularly remote sensing systems, could effectively resolve this issue. These technologies are well-suited for monitoring large areas and can play a vital role in controlling water resource withdrawals, tracking performance, and assessing the impact on the markets.

Conclusion: The results of this review-analysis show the special importance of monitoring and evaluating the performance of water markets. Given the growing trend of water markets in the country and the economic and social problems in monitoring, special attention should be paid to the application of modern technologies such as groundwater resource management models and smart meters to monitor withdrawal amounts, as well as agricultural and irrigation remote sensing methods with techniques ranging from multi-spectral sensors (including thermal) to satellite observations to identify changes in water consumption and storage volume, monitoring withdrawal from surface and groundwater resources, remote sensing of evapotranspiration as a consumption monitoring algorithm, controlling withdrawal from canals and the amount of storage in pools to control water theft, controlling soil moisture for individual water use accounting and also managing the amount and depth of irrigation water use, more accurate assessment of the type of cultivation, time and duration of irrigation on a more diverse scale, monitoring land for changes in the pattern and type of cultivation using monitored models, and providing maps of the type of agricultural products in the region, as well as environmental management of the market area, will be possible. But it is very important to note two points. Firstly, there are many more methods, such as combining models of changes in groundwater and surface water levels with tracking changes in moisture and water consumption in farms and changes in cropping patterns with the help of remote sensing, which can be studied in a complementary way on the water market of a region and its role in helping to manage the water market and allow market managers to choose a method that suits their needs, for example, to monitor water consumption in a market using groundwater change simulation models and energy balance algorithms to estimate the rate of evapotranspiration using remote sensing technology and comparing it with ground data such as lysimeters, to manage and evaluate the percentage changes in groundwater withdrawal and water consumption in market farms. Secondly, remote sensing is in a position to supplement the measured data in the context of adaptation to real conditions, which must be tested and adapted in the field once in each region for accuracy. If the managers of a market decide to prepare a map of the type of agricultural products and the cultivation pattern of the area covered by a market to manage and plan the water consumption of the region, they must first determine the cultivation season of several types of agricultural and horticultural products in the region on the ground in the field over a period of time, and then, using monthly satellite images and with the help of plant indices and monitored models, identify the type of products and the cultivation pattern of the region before implementation and study, during implementation and management while the water market is operating there.

Cite this article: Hesam, Mousa, Shaker, Mojtaba, Ghorbani, Khalil. 2025. A review emphasizing the significant role of monitoring water markets through the efficient use of remote sensing technologies. *Journal of Water and Soil Conservation*, 32 (1), 57-79.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jwsc.2025.22716.3753
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۶۹
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۹٤

مروری بر اهمیت نقش نظارت بر بازارهای آب، رویکردی کارآمد با تأکید بر فناوری‌های سنجشی

موسی حسام*[۱]، مجتبی شاکر[۲]، خلیل قربانی[۳]

۱. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hesamm@gau.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mojtaba.shaker_s99@gau.ac.ir

۳. استاد گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: ghorbani.khalil@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله مروری

تاریخ دریافت: ۰۳/۰۵/۲٤
تاریخ ویرایش: ۰۳/۰۸/۲۷
تاریخ پذیرش: ۰۳/۰۹/۰٦

واژه‌های کلیدی:
بازار آب،
سنجش‌ازدور،
مدیریت،
نظارت و ارزیابی

چکیده

سابقه و هدف: در حال حاضر افزایش تقاضای آب در جهان از یک‌سو و عرضه محدود آن از سوی دیگر ناترازی منابع و مصارف، ناشی از محدودیت‌های طبیعی و اقدامات بشر را در اقصی‌نقاط جهان به همراه داشته است؛ بنابراین بحران آب به‌عنوان اصلی‌ترین چالش، آغازگر تحولات عدیده‌ای در جهان و ایران بوده. ازجمله این تحولات تغییر جهت‌گیری‌ها از سیاست‌های عرضه‌محور به مدیریت تقاضا و حفاظت از منابع موجود است. امروزه روند صعودی افزایش تقاضا پیرامون آب کشاورزی در کشور نیز به‌طور چشمگیری بحث مدیریت تقاضا و توسعه بازارهای آب کشاورزی را قوت بخشیده است. بررسی‌های جهانی و داخلی بیانگر بهبود روند مدیریت تقاضا با پیاده‌سازی بازار آب در مناطق مختلف دارد. اما نکته دارای اهمیت در این زمینه پیاده‌سازی برخی زیرساخت‌های حقوقی، مدیریتی و نظارتی به جهت اثربخش‌بودن و پایداری این بازارها هست.

مواد و روش‌ها: این مقاله با رویکردی مروری و تحلیلی، مبتنی بر بررسی حداکثری فعالیت‌های پژوهشی صورت‌گرفته بروی بازارهای آب در اقصی‌نقاط جهان، ابتدا به بررسی وضعیت عملکرد گذشته و حال بازارهای آب تشکیل‌شده در دیگر کشورها و برخی مناطق ایران که در منابع پژوهشی مختلفی بدان‌ها اشاره شده، پرداخته و سپس با تحلیل روند کلی و اهداف فعالیتی، تاریخچه احداث و عملکرد آن و نیز بررسی نقاط قوت و ضعف آن‌ها، بر اهمیت نقش نظارت و ارزیابی در مدیریت، پایداری و توسعه آتی این بازارها به کمک استفاده از فناوری‌های نوین اشاره نموده است. درنهایت با بررسی برخی نکات و چالش‌های موجود در این بازارها به نقش فناوری سنجش‌ازدور در نظارت و ارزیابی آن‌ها پرداخته و بخش‌هایی که این فناوری توانایی مدیریت و نظارت بر آن را دارد بیان شد.

یافته‌ها: در تمامی موارد مورد بررسی مدیران بازارها به جهت رفع برخی موانع و مشکلات اقداماتی مؤثری انجام داده‌اند، اما باتوجه‌به فضای فنی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی حاکم بر بازارهای آب نبود

نظارت مستمر در سطح میدانی ضربات مخربی را به شرایط آتی و توسعه آن‌ها وارد نموده است، بنابراین ایجاد یک چارچوب مدیریت نظارتی جامع و شفاف در عرصه میدانی بر تمامی سطوح مختلف اثرگذار در این بازارها امری بسیار ضروری و دارای اهمیت تلقی می‌گردد. نکته قابل‌توجه سطوح گسترده تحت‌الشعاع در این بازارها است که این امر را با مشکل جدی مواجه نموده است. راهکار پیشنهادی از سوی گزارش‌های متعدد برای مرتفع نمودن این مسأله استفاده از فناوری‌های نوین به‌ویژه سامانه‌های سنجش‌ازدور باتوجه‌به نوع کارکرد و وسعت منطقه مورد رصد توسط آن‌ها است که می‌تواند کمک شایانی در امر کنترل میزان برداشت از منابع آبی، نظارت بر وضعیت عملکرد و اثرگذاری آن در بازارها ایفا نماید.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این بررسی مروری – تحلیلی، نشان از اهمیت ویژه بحث نظارت و ارزیابی در عملکرد بازارهای آب دارد، باتوجه‌به روند روبه‌رشد بازارهای آب در کشور و نیز مشکلات اقتصادی و اجتماعی در امر نظارت، توجه ویژه به کاربرد فناوری‌های نوین مانند الگوهای مدیریت منابع آب زیرزمینی و کنتورهای هوشمند به جهت نظارت بر مقادیر برداشت و نیز روش‌های سنجش‌ازدور کشاورزی و آبیاری با تکنیک‌هایی از سنسورهای چندطیفی (از جمله حرارتی) تا رصدهای ماهواره‌ای به جهت شناسایی تغییرات مصرف آب و حجم ذخیره‌سازی، نظارت بر برداشت از منابع آب سطحی و زیرزمینی، دورسنجی تبخیر و تعرق به‌عنوان الگوریتم پایش مصارف، کنترل برداشت از کانال‌ها و میزان ذخیره‌سازی در استخرها به جهت کنترل امر سرقت آب، کنترل رطوبت خاک برای حسابداری کاربری فردی آب و نیز مدیریت مقدار و عمق کاربرد آب آبیاری، ارزیابی دقیق‌تر پیرامون نوع کشت، زمان و مدت آبیاری در مقیاس متنوع‌تر، نظارت بر اراضی به جهت تغییر در الگو و نوع کشت با استفاده از مدل‌های نظارت شده و ارائه نقشه‌های نوع محصولات کشاورزی منطقه و نیز مدیریت محیط‌زیست محدوده بازار، امری محتمل خواهد بود. اما توجه به دو نکته بسیار ضروری است، اولاً روش‌های بسیار بیش‌تری مانند تلفیق مدل‌های تغییرات سطوح آب زیرزمینی و سطحی با روندیابی تغییرات رطوبت و مصرف آب در مزارع و تغییرات الگوی کشت با کمک سنجش‌ازدور وجود دارند که می‌توانند به‌صورت مکمل بر روی بازار آب یک منطقه و بررسی نقش آن در زمینه کمک به مدیریت بازار آب بررسی شوند و به مدیران بازار امکان انتخاب روشی متناسب با نیازهایشان را دهند، به‌عنوان‌مثال جهت نظارت بر مصرف آب در یک بازار با استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز تغییرات آب‌های زیرزمینی و الگوریتم‌های تعادل انرژی برای برآورد میزان تبخیر و تعرق با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور و مقایسه آن با داده‌های زمینی همانند لایسیمتر، مقادیر درصد تغییرات برداشت آب زیرزمینی و مصرف آب در مزارع بازار را مدیریت و ارزیابی نمود. ثانیاً سنجش‌ازدور در موقعیتی است که می‌تواند داده‌های اندازه‌گیری‌شده را در چارچوب منطبق سازی با شرایط واقعی تکمیل نماید که باید به جهت صحت‌سنجی در هر منطقه یکبار به‌صورت میدانی مورد آزمایش و منطبق‌سازی قرار گیرد، در واقع اگر مدیران یک بازار تصمیم به تهیه نقشه نوع محصولات کشاورزی و الگوی کشت منطقه تحت پوشش یک بازار به جهت مدیریت و برنامه‌ریزی مصرف آب منطقه داشته باشد، ابتدا باید در یک بازه زمانی، فصل کشت چندین نوع محصول زراعی و باغی در منطقه را بروی زمین به‌صورت میدانی، مشخص و سپس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ماهانه و به کمک شاخص‌های گیاهی و مدل‌های نظارت شده اقدام به شناسایی نوع محصولات و الگوی کشت منطقه پیش از پیاده‌سازی و مطالعه، حین اجرا و مدیریت ضمن فعالیت بازار آب در آن‌جا نمایند.

استناد: حسام، موسی، شاکر، مجتبی، قربانی، خلیل (۱۴۰۴). مروری بر اهمیت نقش نظارت بر بازارهای آب، رویکردی کارآمد با تأکید بر فناوری‌های سنجشی. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۳۲ (۱)، ۷۹-۵۷.
DOI: 10.22069/jwsc.2025.22716.3753

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان © نویسندگان.

مقدمه

در حال حاضر عدم تطابق مقادیر عرضه و تقاضای آب با روند صعودی میزان برداشت از منابع به‌شدت در حال تشدید است (۱ و ۲). با توجه به این شرایط بحران آب در قرن حاضر به عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های پیش‌رو تلقی می‌گردد (۳). از آن‌جایی‌که چالش‌های بخش آب به صورت متعدد و مرتبط با یکدیگر هستند بنابراین عموماً به عنوان یک چالش توصیف می‌شوند، حال آن‌که در اغلب موارد دیدگاه‌ها و راه‌حل‌هایی برای آن‌ها همانند مدیریت در عرضه و تقاضا پیشنهاد شده است (٤ و ٥). سیاستگذارن پیرامون بهبود مدیریت عرضه و تقاضا که شامل گزینه‌های متعدد می‌باشد طیف وسیعی از روش‌ها را ارائه داده‌اند. پیرامون افزایش عرضه ایجاد زیرساخت‌های سخت و مهندسی شامل سدسازی، شیرین‌سازی آب و غیره، به دلیل ارائه راه‌حل‌های فنی و نسبتاً سریع بیش‌ترین نمود را داشته‌اند، اما مدیریت تقاضا که به‌عنوان زیرساخت یا حاکمیت نرم معرفی می‌شود شامل اقدامات زیاد می‌باشد که برخی از موارد آن عبارتند از: آموزشی، برنامه‌ریزی و نظارتی (مانند توسعه و تغییر در قوانین و مقررات) و اقتصادی (تحول در نظام مالکیت، توسعه و ایجاد بازارهای آب که در آن فرآیند خرید و فروش مجوز آب انجام می‌گیرد) (٦). از نظر کارشناسان پیاده‌سازی هر دو روش مدیریت عرضه و تقاضا در راستای دستیابی به امنیت آبی پایدار می‌باشد اما در شرایط کنونی چنین امری محقق نگردیده است (۱، ۷ و ۸). از آن‌جایی‌که توسعه طرح‌های مدیریت عرضه در اقصی نقاط جهان به ظرفیت حداکثری رسیده و هزینه نهایی آن‌چه در بخش استفاده از منابع جایگزین مثل شیرین‌سازی و چه در بخش ایجاد زیرساخت مثل سدسازی چندان مقرون به صرفه نبوده (۹) و با چالش‌های بسیاری روبه‌رو بوده، در حال کاهش می‌باشند، بنابراین توسعه طرح‌های مدیریت تقاضا و نیز حرکت از سیاست عرضه محور به تقاضا محور به ویژه ایجاد و توسعه سامانه‌های مبتنی بر بازارهای آب و رویکرد قیمت‌گذاری منابع محدود آبی در طی سال‌های اخیر رشد چشمگیری داشته، به‌نحوی‌که در بسیاری از کشورها این بازارها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده و در بین متخصصان به عنوان راهکاری کارآمد توصیه شده است (۱۰ و ۱۱). به‌نحوی‌که به علت جامع بودن و شامل شدن سایر روش‌های مدیریت تقاضا ذیل اجرایی شدن آن، راه‌حل رسیدن به کاهش عرضه و افزایش تقاضا آب را اغلب بازارهای آب می‌دانند (۱۲). کارشناسان مباحث اقتصادی معتقدند که نقش بازار در تخصیص مجدد و اثرگذار منابع آبی به‌صورت جانبی بوده و نمی‌توان از تجارت آب به عنوان یک روش مدیریتی استفاده نمود، از سوی دیگر برخی از کارشناسان بر این استدلال قائل هستند که ویژگی و شرایط آب به عنوان یک کالای اقتصادی برای فروش تفاوت بسیاری با سایر کالاها دارد و در واقع کمبود سرمایه در بازار را با کم‌آبی اشتباه می‌گیرند و در واقع به تنهایی به دنبال حفظ اقتصاد کشاورزی هستند. در مقابل گروه دیگری از کارشناسان به وجود تفاوت میان آب و سایر کالاها چندان معتقد نبوده و سیستم بازار آب را یک نمونه الگوی اقتصادی کارآمد می‌دانند (۱۳). در مجموع با کنار یکدیگر قرار دادن این نظریات می‌توان بین آب و سایر کالا جهت مبادله در بازار تفاوت قائل شد اما نباید بازار آب را به تنهایی یک نوش‌دارو در نظر گرفت، زیرا عدم موفقیت برای یک بازار آب می‌تواند هزینه‌های زیادی را برای یک جامعه ایجاد کند. در واقع ایجاد بازار آب در یک منطقه نیازمند شرایط بسیار مختلفی می‌باشد که به راحتی قابل اتخاذ نبوده و اغلب نیازمند مطالعه و سرمایه‌گذاری سیاسی، اجتماعی و مالی در طی دوره‌های زمانی بلندمدت می‌باشد (۱۰). پیرامون

بازارها یا تجارت آب تعاریف متعددی وجود دارد اما در مجموع فرآیند خرید و فروش مجوز آب را می‌توان تجارت آب نامید (٦). در واقع بازار آب مکانیسمی بر مبنای مبادله حقابه برای مصرف آب می‌باشد که به تخصیص بهینه می‌انجامد (١٤). پژوهش‌گران تجارت آب را به سه دسته: الف) انتقال دائمی، ب) اجاره یا انتقال میان‌مدت و ج) کوتاه مدت (موقت) تقسیم‌بندی نموده‌اند (٦) که در واقع در انتقال دائمی، حقابه به‌صورت حقوقی به شخص دیگر انتقال می‌یابد (١٥، ١٦ و ١٧). در حالت اجاره میان‌مدت یا کوتاه‌مدت حقابه به‌صورت حقوقی برای یک فصل زراعی و یا به صورت یک یا چند مرحله در طول فصل زراعی به دیگری اجاره داده (منتقل) می‌شود (٦). پژوهش‌گران زمان آغاز به کار بازارهای آب در جهان را دهه ۱۹۷۰ می‌دانند (۱۸). این بازارها عموماً به دو دسته غیررسمی و رسمی تقسیم می‌شوند (۱۷)، عموماً بازارهای غیررسمی در مناطقی خاص بین مشترکان یک منبع آبی به صورت تجارت غیررسمی تشکیل می‌گردد که در اقصی‌نقاط وجود داشته و مبادلاتی از این گونه در حال انجام می‌باشد (۱۹ و ۲۰)، لازم به ذکر است در بازارهای غیررسمی مقادیر حق‌آبه واگذارشده به صورت سهمی (مقدار زمانی مشخص) بوده و مقدار حجمی آن اندازه‌گیری نمی‌شود، اما مالکان به مقدار آن واقف بوده و این مبادله بدون دخالت مرجع رسمی کنترل‌کننده و به صورت خودمحور صورت می‌گیرد (۱۷ و ۲۱). از سوی دیگر مالکان حقابه در این بازارها مجبورند یکدیگر را در ملاقات حضوری به صورت مستقیم شناخته و بر سر قیمت چانه‌زنی انجام دهند (۲۲). اما پیرامون بازارهای رسمی آب، آن‌ها را به طور خلاصه می‌توان شامل تغییر حقوق مالکیت عمومی به صورتی دانست که در آن حقوق مصرف آب به طور کامل یا جزئی قابل تقسیم، انتقال یا خرید و فروش به صورت مدیریت خصوصی بوده (۱۳)، که شامل مجموعه قوانین، فرآیندها و حوضه‌های آبریز تحت مدیریت دولت‌ها و یا جوامع خصوصی می‌باشد. بنابراین بازارهای آب می‌تواند مکان، زمان و کارایی فنی مصرف آب را تغییر دهند (۲۱ و ۲۳). کارشناسان بر این باورند که بنا به دلایل مختلفی مانند شرایط سیاسی، محلی و ماهیت مرتبط استفاده از آب در مزارع کشاورزی و یا نقاط صنعتی (به عنوان مثال، جریان‌های بازگشتی) بازارهای رسمی آب (همانند بازار آب خواف) به آرامی توسعه می‌یابند (٢٤ و ٣). پیرامون اثرات ایجاد بازارهای آب پژوهش‌های گسترده‌ای صورت گرفته است به عنوان مثال طهماسبی و عسگری بزایه (۲۰۱۷) ایجاد بازار و بازتخصیص آب در بخش کشاورزی را به عنوان یک راه‌حل امیدبخش جهت افزایش کارایی آب معرفی نمودند (۲۵). غفاری و همکاران (۲۰۲۲) و نیز شرقی و کراچیان (۲۰۲۲) در پژوهش‌های خود بیان داشتند بازار آب کشاورزان را تشویق به استفاده از حقابه‌شان به اندازه نیاز نموده و از آبیاری غیرضروری و یا بیش از اندازه جلوگیری می‌نماید و بنابراین آن‌ها می‌توانند حقابه اضافه خود را به فروش برسانند (٢٦). از سوی دیگر، امکان کاهش جریان رودخانه و تأثیر منفی بر کشاورزان پایین‌دست از دیگر موارد چالش‌برانگیز بازار آب، به ویژه در موارد توسعه بازارهای غیررسمی و تبدیل آن به بازارهای رسمی است که کارشناسان بازار باید مدیریت آن‌ها را در دستور کار قرار دهند (۲۷ و ۱۷). جمع‌بندی مطالعات انجام شده در زمینه بازارهای آب بیانگر این مطلب است که علی‌رغم برقراری تعادل میان عرضه و تقاضا پس از تشکیل بازار در یک منطقه که منجر به افزایش بازده آبیاری می‌شود اما رعایت نکات و سازوکارهای مدیریتی پیش از پیاده‌سازی و نیز در حین اجرای بازار در یک منطقه امری بسیار ضروری تلقی می‌گردد (۲۸، ۲۹،

۳۰، ۳۱ و ۳۲). در کشور ما ایران علی‌رغم وجود یکی از قدیمی‌ترین بازارهای غیر رسمی در منطقه مجن شهرستان شاهرود (تاسیس شده در سال ۱۹۶۲) (۱۷) پیگیری‌ها پیرامون ایجاد بازارهای محلی آب از دهه ۹۰ به‌صورت رسمی آغاز و با انعقاد اولین قرارداد ایجاد بازار محلی در منطقه خواف در سال ۱٤۰۰ شروع به کار نمود، در ادامه طی سه سال اخیر اقدامات بسیار گسترده‌ای از سوی کمیته بازار آب وزارت نیرو در راستای تشکیل بازارهای آب در سایر نقاط کشور صورت گرفت (۳۳). بررسی‌ها نشان می‌دهد اگر چه مطالعات متعددی پیرامون جنبه‌ها و اصول تشکیل بازار آب در کشور صورت پذیرفته، اما علی‌رغم اشاره به اهمیت ارزیابی بر بازارهای اجرا شده، پیرامون روش‌های نظارتی و ابزاری آن‌ها واکاوی صورت نگرفته است. بنابراین در این مقاله ضمن بررسی تجربیات بازارهای ایجاد شده در جهان و ایران بر اهمیت بحث نظارت در چهارچوب اجرایی بازارهای آب به عنوان راهکاری کارآمد متمرکز و با توجه به گسترش فناوری‌های نوین به عنوان ابزاری پرکاربرد و جامع در علوم مختلف بر اهمیت، نوع و نحوه استفاده از آن‌ها در بازارهای آب تاکید شده است.

الزام نظارت در چهارچوب پیاده‌سازی و اجرایی بازار آب: پیاده‌سازی و اجرای بازار آب رسمی در یک منطقه قطعاً دارای چالش‌های متعددی می‌باشد، باتوجه‌به ماهیت کالای اصلی بازار که آب بوده و وجود برخی کاستی‌ها در بازار نمی‌توان به‌تنهایی با ایجاد بازار و صرف فراهم‌کردن شرایط خریدوفروش انتظار افزایش کارایی مصرف آب داشت؛ بنابراین براین‌اساس عدم پیاده‌سازی چهارچوب کارآمد برای بازار قطعاً به شکست بازار منتهی خواهد شد (۳٤). بررسی‌ها نشان می‌دهد بهره‌مندی از شرایط استقرار بازار آب در یک منطقه نیازمند برقراری شرایطی مانند قوانین، ادوات و دستگاه‌های نظارتی و ارزیابی می‌باشد که عدم موجودیت آن‌ها موجب ناکارآمدی این بازار در عمل خواهد شد، بنابراین تشکیل نهادها و استفاده از ابزارهای نظارتی جهت اداره و مدیریت عملکرد این بازارها یکی از الزامات اصلی به شمار می‌رود (۳۵، ۳٦ و ۹). مرکز پژوهش‌های حقوق، انرژی و محیط‌زیست وابسته به دانشکده حقوق دانشگاه برکلی پیرامون پیاده‌سازی و ارزیابی اثربخش بازارهای آب ملاحظاتی را در سه گروه سازماندهی نموده که عبارت‌اند از: ۱) ملاحظات مبنایی، مبتنی بر اندازه‌گیری و سقف برداشت از منابع، ۲) ملاحظات خاص بازار، مبتنی بر اهداف کلان، مسائل حقوقی، اثرات بالقوه و قواعد و نیز نظام مبادله، ۳) ملاحظات عمومی که به‌عنوان اصلی‌ترین بخش از آن نام‌برده می‌شود و مبتنی بر استقرار و نگهداری از سامانه‌های پایشی، نظارتی و ارزیابی به جهت تأثیرگذاری فعالیت‌های مدیریت بر شرایط منطقه یا حوضه (که بازار آب در آن پیاده شده است) می‌باشد (۳۷). در مجموع می‌توان بیان داشت عدم نظارت و ارزیابی در چهارچوب بازار آب در یک منطقه قطعاً چالش‌ها و مشکلات عدیده‌ای را به همراه خواهد داشت که نیازمند بازبینی و بررسی هرچه بیش‌تر این بخش در فرایند پیاده‌سازی بازار آب در یک منطقه می‌باشد.

بررسی جایگاه بخش نظارت در بازارهای جهانی آب

بازارهای آب در قاره اقیانوسیه: یکی از نمونه‌های وسیع و فعال بازار آب در جهان، بازار آب استرالیا است که بیش‌ترین میزان مبادله از نظر حجم با ۹۵ درصد را در حوضه موری دارلینگ دارا است (۳۸). این حوضه با گسترش خود در پنج ایالت ویکتوریا، کوئینزلند، نیوساوت ولز، استرالیای جنوبی و قلمرو پایتخت استرالیا (۳۸)، نیمی از تولیدات آبی این کشور

را به خود اختصاص داد است(۳۷). لازم به ذکر است این بازار از نظر تعداد خریداران و فروشندگان نیز قابل‌توجه می‌باشد که مراتب تجاری آن اغلب به‌عنوان موردی با تجربه و قدیمی به عنوان الگو برای سایر کشورها استفاده گردیده شده است (٦). پیش از اواخر دهه هشتاد قرن بیستم اندک معاملاتی در ایالت ویکتوریا صورت می‌گرفت، اما از سال ۱۹۸۹ با تصویب قانون جدید امکان مبادله آب به صورت رسمی فراهم گردید. ابتدا مبادلات به صورت موقت انجام می‌گرفت اما در سال ۱۹۹۱ مبادلات دائم به صورت رسمی نیز آغاز گردید. در این زمان متولیان مالکیت آب را از زمین جدا و اقدام به دسته بندی هر سهم آب به چند بخش مجزا نمودند (۳۹)، که این امر از مهمترین تغییرات سازوکار حقوقی در بازار آب استرالیا می‌باشد (۳۷). پیرامون مباحث مدیریتی در بازار آب استرالیا در بخش معاملات اقداماتی مانند تابلوی اعلانات و مزایده دوطرفه صورت گرفته است. در روش تابلو اعلانات پیشنهادهای خرید و فروش به صورت الکترونیکی ثبت و در صورت منطبق بودن پیشنهادات از نظر حجم و قیمت مبادلات صورت می‌گیرد، در روش مزایده خریداران و فروشندگان برای قیمت و حجم مشخصی از آب پیشنهاداتی دربسته ارائه، سپس زیر نظر کارگزاران در صورت درخواست مبادله بیش‌ترین حجم آب از سوی یک نفر یا بخش، قیمت نهایی تعیین و معامله صورت می‌گیرد (۹، ٤۰ و ٤۱). علی‌رغم تمامی ویژگی‌های فوق، با توجه به این‌که بازار آب استرالیا یکی از نمونه‌های مهم جهانی در اشتراک آب در مقیاسی بسیار وسیع است اما بررسی‌ها نشان می‌دهد این بازار کماکان فاقد یک رژیم انطباق کامل و شفاف به جهت مدیریت، نظارت و ارزیابی جامع بر تمامی ابعاد آن بوده که همین امر موجب بروز برخی اثرات جانبی نامناسب و مشکلات برای آن گردیده است (۳۸، ٤۲ و ٤۳). بنابراین خلا نبود نظارت ذیل استفاده از فن‌آوری‌های نوین و ابزار سنجشی در آن وجود دارد (۲۹).

نیوزلند: کشور نیوزلند به‌عنوان اولین مؤسس بازار رسمی محیط زیستی مدیریت صید آبزیان که در سال ۱۹۸٦ راه‌اندازی نمود شناخته می‌شود (٤٤). منطقه کانتربری در ساحل شرقی مرکزی جزیره جنوبی واقع شده که با توجه به موقعیت خود دارای بیش‌ترین تبخیر و تعرق را در بین مناطق نیوزیلند است، بنابراین بدین جهت نحوه تخصیص آب میان مصارف مختلف به دلایل اقتصادی و محیط زیستی از اهمیت بالایی برخوردار است (٤٥). زمان آغاز به کار بازار آب کانتربری در سال ۱۹۹۸ می‌باشد، زمانی که یک فرآیند اصلاحی با هدف مدیریت استراتژی آب ذیل توانمند سازی نسل‌های حال و آینده برای به دست آوردن بیش‌ترین مزایای اجتماعی، اقتصادی، تفریحی و فرهنگی از منابع آبی در چارچوبی پایدار از نظر محیط زیستی شروع گردید. مدیریت سیستم آبی ذیل قانون مدیریت منابع که در سال ۱۹۹۱ در این کشور تصویب گردید؛ می‌باشد، دولت مرکزی چهارچوب اصلی، خط مشی ملی و استانداردهای ملی محیط زیست را ارائه می‌نماید اما به جهت بررسی و مدیریت مناسب موضوعات تصمیم‌گیری‌ها در پایین‌ترین سطوح دولتی انجام می‌گیرد. براون (۲۰۱۷) با بررسی بازار آب کانتربری بیان داشت، دولت‌های محلی در این بازار با چالش‌های متعددی روبرو هستند که چهار مشکل اصلی آن‌ها عبارتند از قوانین قدیمی، منابع ضعیف، فقدان استقلال نظارتی و نیز حسابرسی و نظارت محدود (٤٦). تمامی این موارد نشان می‌دهد به جهت هدایت و توسعه این بازار باید در امر ارزیابی و نظارت یک بازنگری جامع صورت گیرد که با توجه به وسعت این بازار استفاده از فناوری‌های نوین و سنجشی قطعاً امری ضروری و راهگشا است (٤۷).

بازارهای آب در قاره آمریکا

ایالات متحده: چهار ایالت غربی آمریکا شامل کالیفرنیا، تگزاس، آریزونا و کلرادو را می‌توان به‌عنوان مهد بازار آب آمریکا معرفی نمود. سابقه وضع مقررات پیرامون منابع آبی در ایالت کالیفرنیا اولین‌بار مربوط به سال ۱۹۱٤ می‌باشد، اما با تصویب قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی در سال ۲۰۱٤ برای نخستین بار بهره‌برداری از منابع آبی ضابطه‌مندسازی گردید. با تصویب این قانون راه برای شکل‌گیری بازارهای محلی هموار گردید. این قانون که با نام قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی شناخته می‌شود، چارچوبی را برای مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی به دست مراجع محلی پی‌ریزی و نقش محدودی را برای دخالت دستگاه‌های ایالتی در مواقع ضروری برای حفاظت این منابع تعریف نموده است. چهارچوب کلی و محتوای این قانون بر پایه بهبود اطلاعات درباره مقادیر تقاضا و نظارت و ارزیابی بر برداشت آب از منابع پایه‌ریزی شده که بیانگر اهمیت جایگاه نظارت در این روند دارد (۳۷).

شیلی: قانون آب شیلی در سال ۱۹۸۱ مقرر کرد، که حقوق آب (به عنوان یک کالای ملی) به منظور تسهیل بازارها به عنوان مکانیزم تخصیص، قابل انتقال و داد و ستد خواهد بود. بنابراین بازارها با تقاضای استفاده از آب با ارزش نسبتاً بالا، هدایت و هزینه‌های مبادله کم، در نقاطی با زیرساخت‌های توزیع آب انعطاف‌پذیر، تسهیل می‌شوند. در غیاب این شرایط، تشکیل بازار آب در هر منطقه نادر می‌باشد (٤٨، ٤٩ و ٥٠). در مجموع از بازار آب شیلی به عنوان یکی از موفق‌ترین موارد و نیز الگویی مناسب برای سایر کشورها یاد شده است (۹ و ٣٤). در سال ۲۰۱۵ با تغییر نظام سیاسی شیلی به جهت شفاف‌سازی در مشخص نمودن حقابه‌ها، توجه به نکات زیست‌محیطی و مدیریت منابع آب زیرزمینی و نیز اعمال جریمه به جهت جلوگیری از احتکار و عدم استفاده از منبع آبی اصلاحات اساسی در قانون مقررات بازارهای آب صورت گرفت (۳ و ۵۱). علی‌رغم تمامی نکات مثبت ذکر شده، بررسی‌ها نشان می‌دهد بازارهای آب در شیلی با چالش‌های زیادی روبرو هستند تا بتوانند پتانسیل کامل خود را به عنوان مکانیزم تخصیص آب کارآمد ارائه دهند (۵۲). از سوی دیگر عدم موفقیت در ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی از جمله انتقاداتی می‌باشد که بر بازارهای آب شیلی وارد است (۹ و ۵۳). ولر و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی چهارچوب کلی بیان داشتند در این بازارها آب در ایده‌آل‌ترین شرایط ممکنه از نظر اقتصادی معامله می‌شوند اما نبود اطلاعات جامع جهت مدیریت حال و آتی بازار، نبود مدل‌سازی دقیق الگوی بازار، عدم توجه به اثرات خارجی، بی‌توجهی به بحث نظارت و ارزیابی دقیق و نیز به کار نبستن ابزار سنجشی و سایر سخت‌افزارهای نوین مانع اثربخشی و عدم موفقیت واقعی این بازارها شده است (۵۲).

بازارهای آب در قاره آفریقا

زیمباوه، تانزانیا و موزامبیک: شهرهای بزرگ از جمله بولاوایو، دارالسلام و ماپوتو به ترتیب در سه کشور زیمباوه، تانزانیا و موزامبیک دارای منابع آب محدودی هستند که دچار بحران کم‌آبی شده‌اند (٥٤). این سه کشور دارای نهادهای قوی حقوق مالکیت با قوانین ملی آب هستند که حق آب را از مالکیت زمین جدا می‌نماید. درحالی‌که سازمان‌های آب در هر کشور دارای اختیار قانونی برای اجرای تخصیص آب هستند، ظرفیت واقعی آن‌ها برای انجام این کار به‌دلیل منابع محدود یا سیاست‌های محلی محدود شده است. علی‌رغم تمامی این شرایط در این مناطق معاملات غیررسمی بین کشاورزان و بین طرح‌های آبیاری برای مصارف شهری، صنعتی و زیست‌محیطی وجود دارد.

در هر یک از این سه کشور مناطقی وجود دارد که کمبود آب و تقاضا از سوی بخش‌هایی وجود دارد که ارزش اجتماعی – اقتصادی بالایی برای دسترسی به آب بیش‌تر قائل هستند که این امر موجب توسعه و سرعت‌بخشی به تجارت آب نوآورانه شده است (۳٤). در موزامبیک، کمبود آب در پایتخت ما پرتو درخواست‌ها برای بهره‌وری آب کشاورزی و توسعه بازار در این بخش را تقویت نموده، در تانزانیا، در حال حاضر بازار آب بین استفاده‌کنندگان مختلف از آب رودخانه بزرگ روها (*Ruaha*) که برای کشاورزی، گردشگری و انرژی برق‌آبی مورد تقاضا است برقرار می‌باشد، در کشور زیمباوه نیز بازار آب در دو بخش کشاورزی و معدن به‌عنوان مصرف‌کنندگان اصلی منابع آب فعال است. در مجموع طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده رقابت برای آب در بخش‌های مختلف سه کشور نیازمند نوآوری و گذار به روش‌های ساختارمند برای تخصیص مجدد آب، از جمله توسعه نظارت و استفاده از فناوری‌های نوین در بازارهای آب می‌باشد (۵۵ و ٥٦).

بازارهای آب در قاره اروپا

انگلستان: در کشور انگلستان آژانس محیط‌زیست نقش کلیدی نظارت را بر مجوزهای برداشت از آب‌های سطحی و زیرزمینی و قوانین مربوط به تخصیص، استفاده و تجارت آب را ایفا می‌نماید (۵۷). در طی سال‌های اخیر، افزایش تنش آبی با تغییرات آب و هوایی، رشد جمعیت و تقاضاهای فصلی بخش‌های انرژی و کشاورزی، انگیزه‌ای برای توسعه تجارت آب فراهم نموده است (۵۸). طبق بررسی‌های به‌عمل آمده بازارهای آب انگلستان در مناطق شرقی به شکلی کاملاً پویا و کاربردی اما براساس تجارت زمین (وابستگی مجوز برداشت به زمین) به صورت غیررسمی بین دو بخش انرژی و کشاورزی رواج دارد، که پتانسیل تبدیل شدن به حالت رسمی تحت مدیریت مرکزی را دارا است (۵۳). از آن‌جایی‌که در فصول غیرکشت بخش کشاورزی منابع آبی خود را به بخش انژری واگذار و در فصول زراعی این عملیات برعکس انجام می‌شود و با توجه به گستردگی حجم معاملات طبق بررسی‌های به‌عمل آمده لازمه برقراری بازار رسمی در این مناطق نظارت، بررسی و ارزیابی مستمر ذیل کاربرد فناوری‌های نوین به جهت مدیریت مقادیر برداشت و انتقال از منابع آبی و نیز نظارت بر الگوی کشت در سطح وسیع در این مناطق است (۵۹).

ایتالیا: در سال ۲۰۱۱، ۹۵/۸ درصد از شرکت‌کنندگان در یک همه‌پرسی سراسری به پرداخت هزینه به تامین‌کنندگان آب، رای منفی دادند. بنابراین این دستور عمومی یک فرمان قانونی در سال ۲۰۰٦ را لغو کرد که تأمین‌کنندگان آب را واجد شرایط دریافت سود دقیق از خدمات تأمین آب می‌کرد و عملاً امکان دستیابی به بهبود کارایی از طریق تجارت آب را نفی می‌کرد (٦۰). از سال ۲۰۱۱ به بعد توسعه بازارهای آب در این کشور متوقف و بنابراین تمرکز سیاست‌های آب بر اساس رویکردهای کنترلی مبتنی بر ایجاد محدودیت بر تخصیص آب تقویت یافت (٦۱). ولر و همکاران (۲۰۱۷) به جهت ایجاد انگیزه در زمینه توسعه بازارهای آب اقدام به بررسی و ارزیابی وضعیت کلی در این کشور نمودند، یافته‌ها نشان داد اصلی‌ترین موانع نبود ترتیبات نهادی، نظارتی و برنامه‌ریزی و هم‌چنین مشکلات موجود در بخش حقوق مالکیت آب می‌باشد. بنابراین ایشان بیان داشتند با ایجاد یک نهاد مدیریتی متمرکز در هر حوضه و اجرای اصول مدیریت یکپارچه منابع آب، اصلاح مجدد قوانین تخصیص و نیز پیاده‌سازی اصول ارزیابی و نظارتی با کمک ابزار سنجشی و فناوری نوین می‌توان از میزان مخالفت شدید عمومی علیه

بازارهای آب در ایتالیا کاسته و اقدام به توسعه این بازارهای در کشور نمود (۵۷).

اسپانیا: شروع به کار بازارهای آب در اسپانیا به‌صورت غیررسمی بوده؛ اما از سال ۱۹۹۹ با اصلاح قانون آب این بازارها فعالیت خود را به‌صورت رسمی ادامه دادند. حوضه رودخانه گوادالکیویر در این کشور متشکل از ۱۲ استان و ٤ دولت منطقه‌ای یکی از مناطق اصلی توسعه و گسترش بازار آب در اسپانیا است (٦٢). در اسپانیا هر گونه استفاده فردی از همه منابع آبی که از نظر قانون این کشور متعلق به عموم جامعه بوده زیر نظر یک سازمان دولتی با اخذ مجوز قانونی انجام می‌گیرد. در این بین سازمان مدیریت یک حوضه بعد از انجام یک معامله طی دو ماه باید اقدام به بررسی و ارزیابی یک معامله به جهت عدم بروز مشکل و دستور نهایی‌سازی آن را صادر نماید. ارزیابی بی‌ضرر بودن یک معامله که بین دو حوضه مختلف صورت می‌گیرد به عهده سازمان محیط‌زیست بوده و مدت زمان آن چهار ماه می‌باشد. سازماندهی و کنترل محل، زمان و نوع مصرف در معاملات امری بسیار دشوار و پر هزینه می‌باشد که از مشکلات پیش‌رو بازار آب کشور اسپانیا است (۹ و ٦٣). با توجه به تمامی این مسائل آن‌چه که بسیار مشهود می‌باشد نیازمند بودن این بازار به یک سری ابزار نظارتی، کنترلی و سنجشی با استفاده از فناوری‌های روز به جهت سازماندهی مدیریت حوضه، نظارت مستمر و کاهش هزینه‌ها است (۵۲).

فرانسه: بررسی بازارهای آب فرانسه اولین‌بار توسط استروسر و مونتژینول (۲۰۰۱) انجام گردید، این پژوهش‌گران به بررسی زیربنای اصول اقتصادی و مدیریتی بازارهای آب در دو حوزه آبخوان بزوس (*Bazus*) و رودخانه نسته (*Neste*) در این کشور که دارای بازارهای آب غیررسمی بودند پرداختند. بررسی‌ها نشان داد اگرچه کشاورزان فرانسوی سیاست‌های تقویت انگیزه‌های اجتماعی در رابطه با آب را بر مکانیسم‌های بازار ترجیح می‌دهند، اما در عمل بازارهای آب را کاربردی‌تر می‌دانند (٦٤). ترس از قدرت گرفتن بیش از حد بازار در مناطق، اثرات اشخاص ثالث و سودجو، افزایش درآمد بی‌حد و نیز منابع مالی مورد نیاز برای تازه‌واردان از نگرانی‌هایی هستند که پیرامون توسعه بازارهای آب در کشور فرانسه از سوی منتقدان وجود دارد (٦٥). گراولین و مرل (۲۰۱٤) دریافتند که بازارهای آب می‌توانند ۲ درصد از ضررهای اقتصادی ناشی از کاهش ۳۰ درصدی دردسترس‌بودن آب در سفره آب زیرزمینی، معادل ۳ سنت در هر مترمکعب را جبران نمایند (٦٦). ولر و همکاران (۲۰۱۷) در یک پژوهش با مصاحبه با برخی از سهام‌داران اصلی بازارهای آب بیان داشتند به جهت کارکرد معین بازارهای آب در کشور فرانسه باید طیفی از عوامل توانمندساز شامل مطالعات اولیه، ارزیابی و نظارت بر روند فعالیت و نیز توسعه و مدرن‌سازی ابزار نظارتی و مدیریتی و در نهایت تبدیل نمودن این بازارها به شکل رسمی می‌توانند نگرانی‌های پیرامون توسعه بازارهای آب در این کشور را از بین ببرند (۵۷).

بازارهای آب در قاره آسیا

چین: بازارهای آب در چین از سال ۲۰۰۰ شروع به فعالیت نمودند (٦٧). در شهرستان ژانگیه تجارت غیررسمی آب در بین کشاورزان برای چندین دهه وجود داشته است، دولت در این سال سیاست‌های معامله حق‌آبه را تحت اصلاحات جامع حقوق و هزینه‌های آب کشاورزی رسمی اعلام نمود. در سال ۲۰۱۵، دولت از مردم درخواست کرد تا ضمن تمدید گواهینامه‌های حق‌آبه، انتقال آن را ترویج و شروع به ایجاد بازارهای آب نمایند. از سوی دیگر اقدامات اداری در مورد تجارت حق‌آبه رسمی معرفی شد.

در سال ۲۰۱٦ محدوده، محتوا، رویه‌ها و قوانین قیمت‌گذاری تجارت حق‌آبه مشخص و برای معاملات بین کاربران به مقامات آب شهرستان اجازه ایجاد یک سیستم خرید مجدد حقوق آب برای تشویق صرفه جویی در آب داده شد. در سال ۲۰۱۷، اقدامات مدیریتی دقیق‌تری برای تجارت حقوق آب در هر یک از مناطق صادر گردید (۵۷). با توجه به تمامی فرآیندهای فوق بررسی‌ها بیانگر نیاز این بازارها به یک مدیریت مرکزی جهت نظارت بر بازارها و گردآوری اطلاعات جمعی ذیل توجه به استفاده از فن‌آوری‌های نوین در این مناطق جهت ایجاد شفافیت در تمامی امور مدیریتی بازارها می‌باشد (٦۸).

هند: ظهور بازارهای غیررسمی آب زیرزمینی در بنگال غربی در دهه ۱۹۸۰ آغاز شد (٦۹). جمعیت کشاورزی هند عمدتاً از کشاورزان کوچک و حاشیه‌ای تشکیل شده است. بسیاری از این کشاورزان از نظر مالی قادر به داشتن چاه دارای لوله‌های شخصی نیستند و براین‌اساس از طریق خرید خصوصی از صاحبان پمپ‌ها در بازارهای غیررسمی آب زیرزمینی به آب دسترسی دارند. ولر و همکاران (۲۰۱۷) بیان داشتند نکته قابل‌توجه در بنگال غربی این است که کشاورزان در ابتدا در حال تجارت آب در بازار غیررسمی هستند، اما در عمل آن‌ها دسترسی به انرژی، برای انتقال آب را معامله می‌نمایند؛ بنابراین براین‌اساس برای تبدیل‌شدن این بازارها به یک بازار رسمی و انجام نظارت‌های مستمر بر آن نیازمند صرف هزینه بسیار هنگفت از سوی دولت می‌باشد که خود بیانگر نیازمند بودن به استفاده از فن آوری‌های نوین به جهت بالابردن سطوح نظارت در این بازارها می‌باشد.

پاکستان: رود سند یکی از رودهای اصلی آسیاست و در سراسر پاکستان امتداد دارد (۷۰). حوضه سند در چهار کشور پاکستان (شامل استان‌های خیبر، پختونخوا، پنجاب و سند)، هند، چین و افغانستان توزیع شده است (۷۱). در پاکستان اکثریت چاه‌ها در اختیار کشاورزان با املاک متوسط و بزرگ می‌باشد. از آن‌جایی‌که تعداد زیادی از افراد غیرمالک به آب آبیاری نیاز دارند، مجبورند آب را از دیگران خریداری نمایند. این امر موجب توسعه بازارهای آب در پاکستان شده است (۷۲). به وجود آمدن بحران‌های اخیر کم‌آبی موجب افزایش تعداد خریداران و ایجاد مشکلاتی پیچیده در این بازارهای غیررسمی به جهت تامین، انتقال و تعیین قیمت شده است که نیازمندی مدیریت این بازارها به‌صورت رسمی زیرنظر نهادهای نظارتی و ارزیاب را بیش از پیش نموده است. از سوی دیگر به‌دلیل عدم ارتباط واقعی بین قیمت و حجم آب مبادله شده در این بازارها میزان کارایی مصرف آب به‌شدت کاهش یافته است. بنابراین طبق بررسی‌های به عمل آمده توسط کارشناسان راه‌کار حل این مشکل تبدیل این بازارها به بازارهای رسمی و ایجاد نهاد مدیریت مرکزی با استفاده از ابزار سنجش از راه دور جهت اندازه‌گیری مقادیر آب و نظارت بر این حوضه‌ها است (۱۰، ۲۹ و ۷۳).

بررسی جایگاه بخش نظارت در بازارهای داخلی: در ایران از دیرباز مبادله آب وجود داشته و از نظر قانونی قابل‌پذیرش بوده است این مبادله‌ها گاه با تبادل جنس، وجه نقد و یا خود آب انجام می‌شد که عواملی مانند خشکسالی، کاهش منابع آب به علت کمیابی، دوری و نزدیکی به منابع آب و زمان برداشت آب در طول شبانه‌روز بر قیمت آب مؤثر بوده است. در سال‌های اخیر تلاش‌هایی در زمینه تشکیل بازار آب شکل‌گرفته؛ ولی مشکلات و موانع در ایجاد آن بروز نموده است که در ادامه به چندین مورد اشاره شده است.

مجن: منطقه مجن در شمال‌غرب شهرستان شاهرود واقع شده است. بازار آب مجن در نتیجه تحول نظام

بهره‌برداری از منابع آب این منطقه در سال ۱۳٤۱ شمسی و با فرایند تعریف و تثبیت حقابه‌ها تشکیل گردید. به‌منظور تحقق اهداف فوق زارعین دشت مجن اقدام به تشکیل شرکت سهامی آبیاری مجن نمودند. در این نظام تمام حقابه‌های زارعین بهره‌بردار از رودخانه را مجزا از زمین ثبت و ضبط نمودند و برای هر یک از بهره‌برداران کارت صادر شد. تقسیم آب از سرچشمه آغاز شده و برای آن ۱۲ مدار طی ۱۲ روز در نظر گرفته شد. تمام افرادی که در مدار اول قرار داشتند صرف‌نظر از این‌که از کدام خانواده هستند، در روز نخست به میراب معین شده مراجعه و حقابه مشخص خود را با ارائه کارت دریافت می‌کردند در روز دوم آب توسط میراب‌ها به مسیر اصلی بازگردانده می‌شد. در روز دوم مدار دوم به‌همین ترتیب آبیاری می‌شد و در طی ۱۲ روز کل دشت از بالابه‌پایین بدون آن که آب هدر رود، آبیاری می‌گردید. این راه‌کار همان تفکیک مالکیت آب از زمین است که یکی از شروط مهم در تشکیل بازارهای آب می‌باشد. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت تفکیک مالکیت آب از زمین، وجود تأسیسات مناسب انتقال آب، تعریف شفاف حقابه‌ها و واحد اندازه‌گیری آن‌ها، تبادل شفاف اطلاعات، ضمانت اجرایی مبادلات و عدم وجود انحصار باعث موفقیت و تداوم فعالیت بازار آب مجن شده است (۱۷، ۷٤ و ۷۵). علی‌رغم تمامی نکات مثبت ارائه شده پیرامون بازار آب مجن طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده عدم دسترسی به سیستم نظارت و ارزیابی، نبود ابزار سنجشی در طی این سال‌ها مشکلات عدیده‌ای از جمله الگوی کشت و آبیاری نامناسب و نیز سرقت آب را برای مدیریت این بازار به وجود آورده که مرتفع‌شدن این کاستی‌ها می‌تواند اثر به‌سزایی در روند افزایش بهره‌وری این بازار ایفا نماید (۸).

اسکو: شهرستان اسکو در استان آذربایجان شرقی واقع گردیده که منبع اصلی تأمین‌کننده آب در آن، منابع آب زیرزمینی می‌باشد و براین‌اساس بازار محلی آب نیز برای آب زیرزمینی تشکیل شده است. برای هر چاه یک یا چندین سهام‌دار وجود دارد که می‌تواند کل یا بخشی از سهم آب خود را به خریدار واگذار نماید. مبادله آب در منطقه اسکو به سه صورت موقت، سالانه و دائمی صورت می‌گیرد. فروش آب براساس ساعت می‌باشد. قیمت خریدوفروش هم بر مبنای ریال بر ساعت است. اکثر مبادلات در این منطقه در فصل بهار و تابستان اتفاق می‌افتد. انجام مبادلات معمولاً در اوایل دوره آبیاری صورت می‌گیرد و در ماه‌های گرم‌تر (اردیبهشت، خرداد و تیر)، انجام مبادلات رونق بیش‌تری می‌یابد (۷٦). بازار آب غیررسمی اسکو فاقد نظام مدیریت مرکزی و یا زیرنظر نهاد دولتی بوده که همین امر موجب گشته این بازار نتواند در طی سالیان متمادی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار گردد، از سوی دیگر نوع معاملات به‌صورت ساعتی نتوانسته مقادیر بهره‌وری را افزایش دهد، در نهایت خلأ نبود نظام ارزیابی، نظارت جامع و نیز ابزار سنجشی دقیق مشهود است (۳۳ و ۷٦).

اردبیل: در بازارهای محلی آب در دشت اردبیل منابع آب به‌صورت دائم، سالانه و موقت مبادله می‌شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد در برخی فصول زراعی در حدود ۲۳ درصد از آب مورد نیاز کشاورزان در مناطق مختلف توسط بازار آب خریداری و به مصرف می‌رسد (۳۹). کیانی و باقری (۲۰۱٦) با بررسی بازارهای محلی آب در دشت اردبیل بیان داشتند جهت تقویت بازارهای آب موجود و هم‌چنین ایجاد و گسترش بازارهای آب جدید به رسمیت شناختن بازارهای آب و رفع تعارضات قانونی موجود در این زمینه، تضمین قانونی مبادلات آب، تفکیک مالکیت آب از زمین، تدوین سازوکار لازم جهت تبادل

اطلاعات در بازار، نظارت دولت جهت جلوگیری از بروز انحصار و عوارض خارجی منفی مانند اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی و سایر مشکلات زیست‌محیطی، امری ضروری تلقی می‌گردد. هم‌چنین ذیل این نکات استفاده از امکانات سنجشی و ابزار نوین به جهت ارزیابی و بررسی روند فعالیت و نیز مدیریت شرایط آتی این بازار قطعاً امری راهگشا در توسعه این بازار خواهد بود (۷۷). در مجموع علاوه‌بر سه بازار غیررسمی فوق طبق بررسی‌های به‌عمل آمده برروی طرح‌های مطالعاتی جهت پیاده‌سازی بازار آب در برخی مناطق کشور مانند شرق استان مازندران، منطقه برخوار استان اصفهان، دشت بهار استان همدان، دشت یزد–اردکان استان یزد (۳۳) و نیز بررسی دستورالعمل چهارچوب پی‌ریزی و الزامات بازار آب زیرزمینی (۳۷) مسأله پایش، نظارت و ارزیابی به‌عنوان اجزای تشکیل‌دهنده در بازارهای آب داخلی مواردی ویژه و ضروری مطرح شده‌اند که ذیل پیاده‌سازی بازار آب در یک منطقه باید آن‌ها را اجرایی نمود.

بخش‌های مختلف نظارتی در بازارهای آب: بررسی مطالعات انجام شده بیانگر آن است که در فضای فنی، حاکمیتی و فرهنگی بازارهای آب در تمامی حوضه‌ها ایجاد یک چارچوب مدیریت نظارتی جامع و شفاف شامل استفاده از علوم و فن آوری‌های نوین مانند سنجش‌ازدور در مباحث ارزیابی و نظارتی و نیز اندازه‌گیری دقیق که منطبق‌تر بر طیفی وسیعی از گروه‌های ذی‌نفع در بازارهای آب می‌باشد بیش‌تر موردنیاز است (۲۹). از سوی دیگر آن‌چه اهمیت بحث نظارت و ارزیابی بر بازارهای آب را بیش‌ازپیش قوت بخشیده ارائه گزارش‌های متعدد از اقصی‌نقاط جهان مبنی بر تهدید طرح‌های یکپارچه‌سازی و اشتراک در بازارها ناشی از وقوع سرقت آبی و عوامل عدم انطباقی در آن‌ها بوده (۷۸ و ۷۹) که واکنش‌های غیراصولی از سوی مدیران بازار و دولت‌های وقت دررابطه‌با مصرف آب و اندازه‌گیری برداشت‌ها را به‌همراه داشته است (۸۰ و ۸۱)؛ بنابراین با توجه به‌تمامی نکات فوق و نیز درنظرگرفتن سطوح گسترده یک بازار آب در مناطق مختلف، پیاده‌سازی اصول نظارتی در یک بازار باید در دو بخش اصلی اجرایی و ستادی صورت گیرد. نظارت بر مسائل حقوقی و نظام مبادلاتی را می‌توان زیر مجموعه بخش ستادی و مدیریتی داخلی در دفتر کنترل مرکزی بازار آب دانست که با فعالیت‌های دسته‌بندی و کمک‌گیری از نرم‌افزارها و اشخاص حقوق‌دان و مدیر می‌توان این امر را تسهیل نمود، اما پیرامون نظارت اجرایی که شامل کنترل میزان برداشت‌ها و نظارت بر اثرات بالقوه و روند کلی فعالیت بازار است، باتوجه‌به سطوح گسترده بازار و نیز اهمیت اثربخشی ایجاد بازار آب در یک حوزه در امور منابع آب، کشاورزی و غیره اهمیت و سختی کار دوچندان است (۲۹ و ۳۷).

پیرامون نظارت بر میزان برداشت از منابع آبی بهترین گزینه نصب کنتورهای هوشمند با ارائه گزارش میزان برداشت لحظه‌ای به دفتر مدیریت بازار آب هست که نیازمند حمایت مالی و سیاسی مستمر از این ادوات است (۸۲)، نمونه کاربردی این ابزار را می‌توان در بازار آب استرالیا در حوزه وسیع موری دارلینگ مشاهده نمود که موجب بهبود نظارت بر میزان برداشت در منطقه نیوساوت ولز شده است (۸۳). در نظرسنجی انجام شده توسط هالی و سینکلر (۲۰۱۳) در سه منطقه نیوساوت ولز، بررسی‌ها نشان‌دهنده نگرش مثبت نسبت به اندازه‌گیری و استفاده از این ابزار نوین بوده و اهمیت آن را در مدیریت منابع آب تأیید می‌نماید. در مجموع نتایج بیانگر این است که کاربران بازار از تغییراتی که از اندازه‌گیری قابل‌اعتمادتر و جامع‌تر پیشنهاد شده توسط دولت‌ها باشد پشتیبانی می‌کنند که می‌تواند کمک شایانی به امر نظارت در بخش نماید (۸٤).

اما پیرامون فناوری‌های نوین، کاربرد سنجش‌ازدور یک توصیه کلیدی برای تکمیل تجهیزات اندازه‌گیری نظارت بر اثرات بالقوه و روند کلی فعالیت بازار است (۳۱، ۳۲ و ۸۵). ایده استفاده از این فناوری برای مقررات زیست‌محیطی، شناسایی استفاده غیرقانونی یا ذخیره‌سازی آب در مخازن روباز، پشتیبانی از سایر فعالیت‌های انطباق، مانند بازرسی در محل و ارائه شواهدی برای اقدامات اجرایی از جمله تعقیب قضایی، مصرف آب آبیاری و یا جنبه‌های مرتبط چرخه آب انسانی در بسیاری از گزارش‌های مورد بحث واقع شده است (۸٦ ، ۸۷ و ۸۸). برترگر و همکاران (۲۰۲۰) و کارتیکیان و همکاران (۲۰۲۰) خلاصه‌ای از روش‌های سنجش‌ازدور کشاورزی و آبیاری با تکنیک‌هایی از سنسورهای چند طیفی (از جمله حرارتی) تا رصدهای ماهواره‌ای رطوبت خاک که در مدل‌های سطح زمین را که در بازار آب کاربرد دارند را نیز ارائه نمودند. لازم به ذکر است این پژوهش‌گران بیان داشتند بسیاری از این روش‌ها به مشاهدات ماهواره‌ای متکی هستند که ذاتاً دارای وضوح فضایی گسترده بود (مانند ماهواره‌های رطوبت خاک رادیومتریک) که برای حسابداری کاربری فردی آب غیرعملی هستند. هم‌چنین محدودیت‌های فضایی بالقوه‌ای برای نظارت بر ویژگی‌های صاحبان زمین‌های کوچک نیز گزارش شده است (۸۹ و ۹۰). دهو و همکاران (۲۰۱۷) یک مطالعه آزمایشی دیگر با استفاده از داده‌های سنجش از راه دور برای شناسایی تغییرات مصرف آب و حجم ذخیره‌سازی در استرالیا انجام دادند، این مطالعه با موفقیت نشان داد که چگونه می‌توان با استفاده از این فناوری‌ها، میزان آبیاری و زمان‌بندی آن را کشف نمود، این فناوری می‌تواند مکان‌ها و زمان وقوع پمپاژ را شناسایی کند، زیرا کانال‌هایی که در آن‌ها آب در حال عبور است را می‌توان پر مشاهده کرد (۹۱). برترگر و همکاران (۲۰۱۹) از محصولات سنجش‌ازدور و داده‌های آب‌وهوایی شبکه‌بندی شده برای تخمین مقدار آب آبیاری مورد استفاده در سایت‌های مقیاس مزرعه در استرالیا استفاده نمودند. استفاده از داده‌های اقلیمی در ترکیب با تصاویر سنجش‌ازدور چندطیفی امکان تعیین کمیت عمق کاربرد آب آبیاری را با وضوح‌بالا (یعنی ۱۰ تا ۳۰ متر) فراهم می‌کند. این کار به مجموعه‌ای از مجموعه‌داده‌های دولتی به‌عنوان ورودی متکی است و احتمالاً با بهبود تدریجی آن‌ها در طول زمان بهبود خواهد یافت. شبیه‌سازی دقیق مصرف آب آبیاری را می‌توان در برابر مصرف معمولی یا فرضی آب برای تنظیم‌کننده‌ها ارزیابی کرد تا نیاز به بررسی بیش‌تر را ارزیابی نمایند (۹۲). از سوی دیگر با استفاده از مجموعه تصاویر دو ماهواره لندست و سنتینل که امکان تفکیک مکانی و زمانی بیش‌تر را فراهم می‌کند می‌توان ارزیابی دقیق‌تر پیرامون نوع کشت، زمان و مدت آبیاری در مقیاس متنوع‌تر استفاده و عملیات نظارت و ارزیابی را بادقت بالایی انجام داد (۹۳). سنجش‌ازدور ماهواره‌ای برای مدیریت زیست‌محیطی در حال حاضر در استرالیا برای تعیین کمیت پاک‌سازی زمین استفاده می‌شود (۹٤). استفاده از این روش‌ها در کشاورزی تا حدی به دلیل مناطق وسیعی است که نیاز به نظارت دارند، زیرا نظارت سنتی و در محل بسیار دشوار و گاهی اوقات غیرممکن است. یک مقام دولتی در بازار آب استرالیا محاسبه نمود که بازرسی ۲/۵ میلیون هکتار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌اندازه بررسی ۲۰ هکتار زمان می‌برد (۹٤). تصاویر ماهواره‌ای به‌طور مداوم مشاهدات ایجاد می‌کنند و شواهد تاریخی و نمای همدیدی ایجاد می‌نمایند (۹۵). پوردی (۲۰۱۰) استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در دادگاه‌های استرالیا را مورد بحث قرارداد، ایشان بیان داشت که آن‌ها در برخورد با پاک‌سازی زمین موفق بوده‌اند (۹٤). دقت روش‌هایی

که در نهایت استفاده می‌شود بسیار مهم است. تخمین کم‌تر یا بیش از حد مصرف آب آبیاری می‌تواند به پیامدهای اقتصادی برای مصرف‌کنندگان آب یا تخریب محیط‌زیست منجر شود. هنگامی که مقادیر بیش از حد تخمین زده می‌شود، احتمالاً زیان اقتصادی برای کشاورزان وارد می‌شود، درحالی‌که دست‌کم گرفتن می‌تواند منجر به بهره‌برداری بیش از حد از منابع مشترک شود (۹٦). این ایده منجر به استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور به‌عنوان یک ابزار انطباق ثانویه برای هدف‌یابی فعالیت‌های میدانی برای جلوگیری از عواقب ناخواسته می‌گردد (۹۲، ۹۷ و ۹۸). صفری و همکاران (۲۰۲۳) باهدف توسعه یک بازار کارآمد آب زیرزمینی سه مکانیسم به حداکثر رساندن مزایای خالص آب، به‌حداقل‌رساندن برداشت آب زیرزمینی و اندازه‌گیری دقیق مصرف آب در مزارع کشاورزی در منطقه نوق دشت رفسنجان را با استفاده از مدل شبیه‌سازی آب زیرزمینی و برآورد تبخیر و تعرق به کمک تصاویر ماهواره‌ای در راستای ارزیابی فعالیت یک بازار آب مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که ارزیابی و نظارت بر یک بازار به کمک این ابزار قدرتمند برای تخصیص مجدد حق آب و افزایش بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار کارآمد خواهد بود (۳۱).

نتیجه‌گیری کلی

بررسی‌های به‌عمل‌آمده حاکی از روند صعودی توسعه بازارهای آب در اقصی‌نقاط جهان و ایران باتوجه‌به پتانسیل بالقوه آن به جهت مدیریت تقاضا آب در منابع آبی و نیز افزایش مقادیر کارایی و بهره‌وری آب دارد. علی‌رغم مزایای گسترده توسعه بازارهای آب در حوضه‌های مختلف عدم پیاده‌سازی اصول نظارتی و ارزیابی در این بازارها می‌تواند چالش‌های سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی گسترده‌ای را به همراه داشته باشد. ازاین‌رو بامطالعه حداکثری تجارب بین‌المللی و نیز واکاوی موارد داخلی مشخص گردیده که پیاده‌سازی، توسعه و پایداری در امر اجرای بازارهای آب در هر منطقه‌ای نیازمند بسترسازی در امر قوانین، نظارت و ارزیابی در تمامی ابعاد و زمینه‌های مختلف اعم از مبادلات، نحوه و میزان برداشت، نحوه مصرف، شرایط انتقال و الگوی کشت منطقه و غیره است (۹). اما پیرامون نحوه و ابزار نظارت میدانی توصیه کلیدی بسیاری از گزارش‌ها در مورد مدیریت آب در بازارهای آب، اتخاذ فناوری سنجش از دور برای نظارت و ارزیابی از راه دور بر اقدامات غیرقانونی مانند سرقت آب و غیره بوده است، بنابراین با حجم وسیعی از روش‌های سنجش از دور توسعه‌یافته برای اهداف کشاورزی و آبیاری، باید مسیر روشنی برای دستیابی به تغییرات مؤثر و معنادار در بازارهای آبی که چالش‌های دیرینه و عملی برای تغییر سریع دارند، تعیین شود (۹۷، ۹۹ و ۱۰۰). روش‌های اشاره شده در بالا طیف وسیعی از فعالیت‌های نظارتی بر روند فعالیتی در بازارهای آب را پوشش می‌دهند. اما روش‌های بسیار بیش‌تری وجود دارند که می‌توانند به مدیران بازار امکان انتخاب روشی متناسب با نیازهایشان را دهند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد اطلاعات ماهواره‌ای جایگزین ممکن است کاربردهای تحقیقاتی مهمی در آینده در مدیریت نظارت و ارزیابی آب ارائه دهد (۳۱). در صورتی که تفکیک مکانی و زمانی مناسب باشد، تکنیک‌های استفاده از ماهواره‌های مختلف یا جدید ممکن است برای مدیریت نظارت و ارزیابی بازارهای آب فرامرزی قابل‌استفاده باشد (۲۹ و ۳۲). نتایج بررسی شرقی و همکاران (۲۰۲٤) نیز بیانگر این مطلب است که سنجش از دور به‌عنوان ابزاری قدرتمند جهت ارزیابی و نظارت بر بازارهای آب زیرزمینی به کنترل میزان برداشت و مصرف آب

پرداخته که عدم پایش و کنترل با این ابزار می‌تواند بازار را ناکارآمد و تنش آبی را بیش‌تر نماید. توجه به این نکته مهم است که هر گونه تخمین مصرف یا برداشت آب باید با توجه به تخصیص یک منطقه پیشنهادی ارزیابی شود، در واقع سنجش از دور در موقعیتی است که می‌تواند داده‌های اندازه‌گیری‌شده را در چارچوب منطبق‌سازی با شرایط واقعی تکمیل نماید. انتشار داده‌های سنجش از دور با کیفیت بالا و رایگان در سطح جهانی از طریق طیف وسیعی از خدمات دیگر (۱۰۱)، امکان پردازش ابری داده‌ها را فراهم نموده و فرصتی عالی برای تنظیم‌کننده‌های آب خواهد بود. پتانسیل استفاده از این داده‌ها تنها با زمان و دانش کارکنان محدود می‌شود زیرا هزینه تجهیزات و داده‌ها بسیار کم خواهد بود. با پرتاب ماهواره‌های جدید با فناوری به روز، سودمندی سنجش از دور احتمالاً بهبود خواهد یافت. این فناوری‌ها مزایای بیش‌تری نسبت به تجهیزات اندازه‌گیری دارند، زیرا الگوهای فضایی استفاده از آب نیز قابل نظارت و ارزیابی می‌باشد. در ضمن توجه به اهمیت بیش از پیش نظارت و ارزیابی در امر مدیریت و پایداری بازارهای آب در مجموع می‌توان بیان داشت روش‌های سنجش از دور تکمیل اندازه‌گیری آب بر روی زمین را، اتخاذ و توسعه خواهد داد. روش‌های توسعه‌یافته در حال حاضر یک نقطه شروع فنی برای اقدامات انطباقی ارائه می‌دهند. اما یک زمینه اجتماعی برای این اقدام وجود دارد که باید برای محدود کردن احتمال پیامدهای ناخواسته و پذیرش فناوری از سوی جوامع روستایی بررسی شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از سردبیر محترم مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک برای پیشنهاد موضوع این مقاله ابراز می‌دارند. هم‌چنین از داوران محترم این مقاله به سبب ارائه نظرات و پیشنهادها، ارزشمند و سازنده تشکر می‌نمایند.

داده‌ها، اطلاعات و دسترسی

همه اطلاعات و داده‌های این مقاله از پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر و مستخرج از گزارش‌های اجرایی، پژوهشی، رساله‌ها و پایان‌نامه‌ها، کتب و مقالات مجله‌ای و همایش‌های مرتبط گردآوری شده است. همه داده‌ها از طریق سایت و موتورهای جستجو (SID.ir و Google Scholar) قابل‌دانلود هستند.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در امر طرح تحقیق و روش‌شناسی، گردآوری اطلاعات و داده‌ها، مشارکت در آنالیزها، نگارش مقاله، اصلاح و نهایی‌سازی مقاله مشارکت داشته‌اند.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها می‌باشد.

حمایت مالی

این مقاله از هیچ‌گونه حمایت مالی مستقیمی برخوردار نبوده است.

منابع

1. Barbier, E. (2019). *The Water Paradox: Overcoming the Global Crisis in Water Management*. Yale University Press.
2. Grafton, R. Q., Williams, J., Perry, C. J., Molle, F., & Ringler, C. (2018). The paradox of irrigation efficiency. *Science*, 361 (6404), 748-750.
3. Young, R. A. (1986). Why are there so few transactions among water users? *American Journal of Agricultural Economics*, 68 (5), 1143-1151.
4. Grafton, R. Q., & Wheeler, S. A. (2015). Water economics. In R. Halvorsen and D. Layton (eds), Handbook on the Economics of Natural Resources (pp. 401-420). Edward Elgar Publishing.
5. Quiggin, J. (2001). Environmental economics and the Murray–Darling river system. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 45 (1), 67-94.
6. Wheeler, S. A., & Garrick, D. (2020). A tale of two water markets in Australia: lessons for understanding participation in formal water markets. *Oxford Review of Economic Policy*, 36 (1), 132-153.
7. Griffin, R. C. (2006). *Water Resource Economics: The Analysis of Scarcity Policies and Projects*. MIT Press.
8. Sadoff, C., Hall, J. W., Grey, D., Aerts, J. C. J. H., & Ait-Kadi, M. (2015). Securing Water, Sustaining Growth. Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth. Oxford University.
9. Zeraati Neyshabouri, S., & Khozeymehnezhad, H. (2022). A Review on the Role of the Water Market as a Management Approach with an Emphasis on the Situation in Iran. *Journal of Water and Irrigation Management*. 12 (4), 907-934. [In Persian]
10. Wheeler, S. A., & Xu, Y. (2021). Introduction to Water Markets: an overview and systematic literature review, *Water Markets A Global Assessment*. Edward Elgar Publishing Limited. University of Adelaide, Australia.
11. Bjornlund, H., Wheeler, S., & Cheesman, J. (2011). Irrigators, water trading, the environment and debt: Buying water entitlements for the environment. *Basin Futures*, 291.
12. Gómez Gómez, C. M., Pérez-Blanco, C. D., Adamson, D., & Loch, A. (2018). Managing water scarcity at a river basin scale with economic instruments. *Water Economics and Policy*, 4 (1), 1750004. **DOI: 10.1142/S2382624X17500047.**
13. Griffin, R. C., Peck, D. E., & Maestu, J. (2013). Introduction: myths, principles and issues in water trading. In J. Maestu (ed.), Water Trading and Global Water Scarcity: International Experiences. Pp: 1-14. RFF Press Water Policy Series.
14. Keramatzadeh, A., & Arabi, M. (2020). Investigating the Local Water Markets in the North Khorasan Province (Case Study: Downstream of Shivan Barzoo Dam). *Iran-Water Resources Research*. 16 (2), 334-345.
15. Du, E., Cai, X., Brozović, N., & Minsker, B. (2017). Evaluating the impacts of farmers' behaviors on a hypothetical agricultural water market based on double auction. *Water Resources Research*. 53 (5), 4053-4072.
16. Jia, S., Sun, Y., Svensson, J., & Mukherjee, M. (2016). Comparative analysis of water rights entitlements in India and China. *Water Policy*. 18 (1), 50-67.
17. Matinju M. H., & Alizade, H. (2020). Determination of Operation of the Informal Water Market In Comparison With One Type of the Formal Market (The Case Study of Mojen Region). *Water Management in Agriculture*. 7 (1), 95-108. [In Persian]
18. Chong, H., & Sunding, D. (2006). Water markets and trading. *Annual Review of Environmental Resource Economics*, 31, 239-264.
19. De Stefano, L., & Hernández-Mora, N. (2016). Los mercados informales de

aguas en españa: una visión de conjunto. In J. Gómez-Limón and J. Calatrava (eds), Los Mercados de Agua en España: Presente Y Perspectivas. Cajamar Caja Rural, *Amería*. pp. 95-121.

20. Mukherji, A. (2008). Spatio-temporal analysis of markets for groundwater irrigation services in India: 1976-1977 to 1997-1998. *Hydrogeology Journal*, 16 (6), 1077-1087.
21. Easter, K. W., Rosegrant, M. W., & Dinar, A. (1999). Formal and informal markets for water: institutions, performance, constraints. *The World Bank Research Observer*. 14 (1), 99-116.
22. Pujol, J., Raggi, M., & Viaggi, D. (2005). Agricultural water markets: exploring limits and opportunities in Italy and Spain. 1, 1-13.
23. Howe, C., Schurmeier, D., & Shaw Jr, W. (1986). Innovative approaches to water allocation: the potential for water markets. *Water Resources Research*, 22 (4), 439-445.
24. Vaux Jr, H. J., & Howitt, R. E. (1984). Managing water scarcity: an evaluation of interregional transfers. *Water Resources Research*, 20 (7), 785-792.
25. Tahmasebi, A., & Askari Bozayeh, F. (2017). The Water Market and its Promise for Managing Water Demand. *Water Management in Agriculture*. 4 (2), 45-52. [In Persian]
26. Dinar, A., & Letey, J. (1991). Agricultural water marketing, allocative efficiency, and drainage reduction. *Journal of Environmental Economics and Management*. 20 (3), 210-223.
27. Jamali Jaghdani, T., & Brümmer, B. (2015). Determinants of willingness to pay for groundwater: insights from informal water markets in rafsanjan, Iran. *International Journal of Water Resources Development*. 32 (6), 944-960. [In Persian]
28. Barlow, M., & Clarke, T. (2002). Who owns water?. *The Nation*, 2 (9), 11-14.
29. Bretreger, D., Yeo, I. Y., Kuczera, G., & Hancock, G. (2021). Remote sensing's role in improving transboundary water regulation and compliance: The Murray-Darling Basin, Australia. *Journal of Hydrology X*. 13 (1), 1-10.
30. Nazari, M. R. (2016). Water market in theory and practice: Market thumb and public policy. *Water and sustainable development*, 3 (1), 103-114. [In Persian]
31. Safari, S., Sharghi, S., Kerachian, R., & Noory, H. (2023). A market-based mechanism for long-term groundwater management using remotely sensed data. *Journal of Environmental Management*. 332 (3), 117409. **https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117409.**
32. Sharghi, S., Kerachian, R., & Safari, S. (2023). Market-based Groundwater Resources Management Considering the Uncertainty of Water Consumption Monitoring. *Modares Civil Engineering Journal*. 23 (4), 143-162. [In Persian]
33. Shaker, M., Hesam, M., ghorbani, K., Hezarjaribi, A., & Oshani, M. (2024). An overview of the development process of water markets in different countries of the world and Iran. 8th International Conference on Agriculture & Environment with sustainable development approach. Center for sustainable development solutions. March 25, 2024. [In Persian]
34. Bjornlund, H., & McKay, J. (2002). Aspects of water markets for developing countries: experiences from Australia, Chile, and the US. *Environment and Development Economics*, 7 (4), 769-795.
35. Matchaya, G., Nhamo, L., Nhlengethwa, S., & Nhemachena, C. (2019). An overview of water markets in southern Africa: an option for water management in times of scarcity. *Water*, 11 (5), 1006.
36. Ahmadi, A., Zulfiqaripour, M. A., & Nikoei, A. (2018). Refinements and legal considerations of local water market, case study: Isfahan-Borkhar plain. *Iranian Water Resources Research*, 14 (5), 137-148. [In Persian]
37. Poshtvan, H. (2022). Groundwater market framework and requirements. Iran water management think tank. Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture of Kerman Province. First edition: July.

38. Hart, B. T. (2016). The Australian Murray–Darling Basin Plan: challenges in its implementation (Part 2). *International Journal of Water Resources Development*, 32 (6), 835-852.
39. Bagheri, A., & Kiani, G.H. (2012). Final Report on Applied Research Plan A Survey of Local Water Markets in Ardabil Province. Ardabil Regional Water Company. [In Persian]
40. Grafton, R. Q., Garrick, D., Manero, A., & Do, T. N. (2019). The water governance reform framework: overview and applications to Australia, Mexico, Tanzania, USA and Vietnam. *Water*, 11 (1), 137.
41. Grafton, R. Q., Libecap, G., McGlennon, S., Landry, C., & O'Brien, B. (2020). An integrated assessment of water markets: a cross-country comparison. Review of Environmental Economics and Policy.
42. Williams, J. (2017). Water reform in the Murray-Darling Basin: a challenge in complexity in balancing social, economic and environmental perspectives. *J. Proc. R. Soc. New South Wales*. 150 (1), 68-92.
43. Wheeler, S. A., Carmody, E., Grafton, R. Q., Kingsford, R. T., & Zuo, A. (2020). The rebound effect on water extraction from subsidising irrigation infrastructure in Australia. *Resour. Conserv. Recycl*. 159.
44. Lock, K., & Leslie, S. (2007). New Zealand's Quota Management System: a history of the first 20 years. *SSRN Electronic Journal*. **https://papers. ssrn. com/sol3/papers.cfm?abstract_id=978 115.**
45. Saunders, C., & Saunders, J. (2012). The Economic Value of Potential Irrigation in Canterbury. *Lincoln, NZ, Agribusiness and Economics Research Unit.* **https://researcharchive.lincoln. ac.nz/handle/10182 /6973.**
46. Brown, M. A. (2017). Last line of defence: a summary of an evaluation of environmental enforcement in New Zealand. *Policy Quarterly*, 13 (2), 36-40.
47. Horne, J., & Grafton, R. Q. (2019). The Australian water markets story: incremental transformation. In J. Luetjens, M. Mintrom and P. Hart (eds), Successful Public Policy: Lessons from Australia and New Zealand (pp. 165-190). ANU Press. **https://doi.org/10.22459/ spp.2019.07.**
48. Rivera, D., Godoy-Faúndez, A., Lillo, M., Alvez, A., Delgado, V., et al. 2016. Legal disputes as a proxy for regional conflicts over water rights in Chile. *Journal of Hydrology*, 535, 36-45.
49. Herrera, M., Candia, C., Rivera, D., Aitken, D., & Brieba, D. (2019). Understanding water disputes in Chile with text and data mining tools. *Water International*, 44 (3), 302-320. **https://doi.org/10.1080/02508060.2019. 1599774.**
50. Donoso, G., Melo, O., & Jordán, C. (2014). Estimating water rights demand and supply: are non market factors important? *Water Resource Management*, 28 (12), 4201-4218. **https://doi.org/ 10.1007/s11269-014-0739-3.**
51. Hearne, R., & Donoso, G. (2014). Water markets in Chile: are they meeting needs?. In Water markets for the 21st century (pp. 103-126). Springer, Dordrecht.
52. Wheeler, S. A., Loch, A., Crase, L., Young, M., & Grafton, R. Q. (2021). *Developing a water market readiness assessment framework. In Water Markets*. Edward Elgar Publishing.
53. Tabas, A., Garrick, D., & Tremolet, S. (2019). Engagement strategies for water resource management in Eastern England. Nature Conservancy internal report (unpublished).
54. Pittock, J. (2014). Why water and agriculture in southern Africa? In J. Pittock, R. Grafton and C. White (eds), Water, Food and Agricultural Sustainability in Southern Africa (pp. 1-8). Tilde Publishing & Distribution.
55. Bjornlund, H., & Klein, K. K. (2015). Water conservation and trading - policy challenges in Alberta Canada.

In K. Burnett, R. Howitt and J. Roumasset (eds), Handbook of Water Economics and Institutions (pp. 381-396). Routledge.

56. Bjornlund, H., Parry, K., Pittock, J., Stirzaker, R., & van Rooyen, A. (2018). Transforming smallholder irrigation into profitable and self-sustaining systems in southern Africa. In Smart Water Management (pp. 330-387). Korean Water Resources Corporation and International Water Resources Association.
57. Wheeler, S. A., Loch, A., Crase, L., Young, M., & Grafton, R. Q. (2017). Developing a water market readiness assessment framework. *Journal of Hydrology*, 552, 807-820.
58. Lumbroso, D. M., Twigger-Ross, C., Raffensperger, J., Harou, J.J., Silcock, M., & Thompson, A. J. K. (2014). Stakeholders' responses to the use of innovative trading systems in East Anglia, England. *Water Resources Management*, 28, 2677-2694.
59. Erfani, T., Binions, O., & Harou, J. J. (2015). Protecting environmental flows through enhanced water licensing and water markets. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 675-689.
60. GU. (2011). Abrogazione parziale, a seguito di referendum popolare, del comma 1 dell'articolo 154 del decreto legislativo n. 152 del 2006, in materia di determinazi-one della tariffa del servizio idrico integrato in base all'adeguata remunerazione del capitale investito.
61. Pérez-Blanco, C. D., Koks, E. E., Calliari, E., & Mysiak, J. (2017). Economic impacts of irrigation-constrained agriculture in the Lower Po Basin. *Water Economics and Policy*, 4 (1), 1750003.
62. Hernández-Mora, N., & Del Moral, L. (2015). Developing markets for water reallocation: Revisiting the experience of Spanish water mercantilización. *Geoforum*, 62, 143-155.
63. Garrido, A., Rey, D., & Calatrava, J. (2012). Water trading in Spain. Water, agriculture and the environment in Spain: can we square the circle, 205-216.
64. Strosser, P., & Montginoul, M. (2001). Vers des marchés de l'eau en France? Quelques éléments de reflexion. *Annales Des Mines*, 23, 13-31.
65. Rinaudo, J. D., Montginoul, M., Varanda, M., & Bento, S. (2012). Envisioning innovative groundwater regulation policies through scenario workshops in France and Portugal. *Irrigation and Drainage*, 61 (1), 65-74.
66. Graveline, N., & Mérel, P. (2014). Intensive and extensive margin adjustments to water scarcity in France's Cereal Belt. *European Review of Agricultural Economics*, 41 (5) 707-743.
67. Zhuang, W. (2016). Eco-environmental impact of inter-basin water transfer projects: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 23 (13), 12867-12879.
68. Seidl, C., Wheeler, S. A., & Zuo, A. (2020). Treating water markets like stock markets: key water market reform lessons in the Murray–Darling Basin. *Journal of Hydrology*, 581, 124399. **https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124399.**
69. Government of India. (2017). Report of 5th Census of Minor Irrigation Schemes. **www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Report%20of%205th%20Census%20of%20Minor%2.pdf.**
70. Hassan, M. (2016). Water security in Pakistan: issues and challenges. United Nations Development Programme Pakistan, *Development Advocate Pakistan*, 3, 4. **https://www.undp.org/content/dam/pakistan/docs/DevelopmentPolicy/DAP%20Volume3,%English.pdf.**
71. FAO. (2011). Indus Basin River. Irrigation in Southern and Eastern Asia in Figures - AQUASTAT Survey - 2011. Food and Agriculture Organization.
72. Watto, M. A. (2015). The economics of groundwater irrigation in the Indus Basin, Pakistan: tube-well adoption, technical and irrigation water efficiency

and optimal allocation. University of Western Australia, Doctoral thesis.
73. Nawaz, M. (2018). Water market in Pakistan - a case for revenue generation and water security. International Symposium on 'Creating a Water Secure Pakistan', Islamabad, Pakistan.
74. Rajabpour, S., & Mohabi, M. (2015). Collaborative management of irrigation in Majen region (A case study of a successful example, Iran - Semnan province - Shahroud city). National Congress of Irrigation and Drainage of Iran. [In Persian]
75. Namdari Qarghani, E., & Shokohi, E. (2018). Investigating the water market mechanism in different countries. The first national conference of agricultural and environmental sciences of Iran. [In Persian]
76. Zarghami, M., Saffari, N., & Rashidi, M. (2015). Suggestion of efficient local water market structures for the Osku regions, East Azarbaijan, According national and international experiences. Applied Research Plan. East Azerbaijan Regional Water Management Company. [In Persian]
77. Kiani, G. H., & Bagheri. (2015). Investigating the economic consequences of local water markets (case study of Ardabil city). *Iranian Water Research Journal*. 10 (1), 163-169.
78. Walker, B. (2019). Murray-Darling Basin Royal Commission Report. Murray-Darling Basin Royal Commission, Adelaide, SA, Australia.
79. Inspector-General Murray-Darling Basin. (2020). Impact of lower inflows on state shares under the Murray–Darling Basin Agreement. Interim Inspector-General of Murray-Darling Basin Water Resources, Canberra, ACT, Aus.
80. Business, Q. L. D. (2019). Water Resource Compliance and Enforcement. Business Queensland, Brisbane, QLD, Australia.
81. QLD DNRME. (2019). Rural water management program, Proposals for strengthening nonurban water measurement. QLD Department of Natural Resources, Mines and Energy, Brisbane, QLD, Australia.
82. MDB Ministerial Council. (2018). Murray-Darling Basin Compliance Compact. Murray Darling Basin Ministerial Council: Australian Government, New South Wales Government, Victorian Government, Queensland Government, South Australian Government and the Australian Capital Territory, Australia.
83. NSW DPIE. (2020). The Natural Resources Access Regulator Progress Report 2019-20. NSW Department of Planning, Industry and Environment, Sydney, NSW, Australia.
84. Holley, C., & Sinclair, D. (2012). Compliance and enforcement of water licences in NSW: limitations in law, policy and institutions. *Austral. J. Natural Resour. Law Policy*. 15 (2), 149-189.
85. Sharghi, S., & Kerachian, R. (2022). A seasonal smart market mechanism for sustainable groundwater management in agricultural regions. Sustainable Production and Consumption. 32, 214-229.
86. De Leeuw, J. (2010). The Function of Remote Sensing in Support of Environmental Policy. *Remote Sensing*. 2 (7), 1731-1750. **https://doi.org/10. 3390/rs2071731.**
87. Lein, J. K. (2011). Tracking environmental compliance and remediation trajectories using image-based anomaly detection methodologies. *Remote Sensing*. 3 (11), 2384-2402. **https://doi.org/10. 3390/rs 3112384.**
88. Rose, R. A. (2015). Ten ways remote sensing can contribute to conservation. *Conserv. Biol.* 29 (2), 350-9. **DOI:10.1111/cobi.12397.**
89. Bretreger, D., Yeo, I. Y., Hancock, G., & Willgoose, G. (2020). Monitoring irrigation using landsat observations and climate data over regional scales in the Murray-Darling Basin. *J. Hydrol.* 590 **https:// doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020. 125356.**

90. Karthikeyan, L., Chawla, I., & Mishra, A. K. (2020). A review of remote sensing applications in agriculture for food security: crop growth and yield, irrigation, and crop losses. *J. Hydrol*. 586.
91. Dhu, T., et al. (2017). Digital earth Australia – unlocking new value from earth observation data. *Big Earth Data* 1 (1-2), 64-74. **https://doi.org/10.1080/20964471.2017.1402490.**
92. Bretreger, D., et al. (2019). Monitoring irrigation water use over paddock scales using climate data and landsat observations. *Agric. Water Manag*. 221, 175-191. **https:// doi.org/10.1016/j.agwat.2019.05.002.**
93. Krause, C., & Reinfelds, I. (2020). Digital Earth Australia and NSW NRAR collaboration. DEA Showcase August (2020), Geoscience Australia.
94. Purdy, R. (2010). Satellite Monitoring of Environmental Laws: Lessons to Be Learnt from Australia, Centre for Law and the Environment, Faculty of Laws, University College London, United Kingdom. **doi: 10.2139/ssrn.1744018.**
95. Purdy, R. (2009). Using earth observation technologies for better regulatory compliance and enforcement of environmental laws. *J. Environ*. Law 22 (1), 59-87. **https://doi.org/10.1093/jel/eqp027.**
96. Foster, T., Mieno, T., & Brozovi´c, N., (2020). Satellite-based monitoring of irrigation water use: assessing measurement errors and their implications for agricultural water management policy. *Water Resour. Res*. 56 (11) **https://doi.org/10.1029/2020wr028378.**
97. Matthews, K. (2017b). Independent investigation into NSW water management and compliance - interim report. New South Wales Department of Industry, NSW, Australia.
98. NSW DPIE. (2019). Natural Resources Access Regulator Progress Report 2018-19. NSW Department of Planning, Industry and Environment, Sydney, NSW, Australia.
99. Matthews, K. (2017a). Independent investigation into NSW water management and compliance - final report. New South Wales Department of Industry, NSW, Australia.
100. Vertessy, R. (2019). Independent Assessment of the 2018-19 Fish Death in the Lower Darling. Australian Government, Australia.
101. Sudmann, M., et al. (2019). Big Earth Data: disruptive changes in Earth observation data management and analysis? *Int. J. Digital Earth.* **https:// doi.org/10.1080/17538947.2019.1585976.**