Original Article

Journal of Green Development Management Studies

Autumn & Winter 2024, Volume 3, Issue 2, Serial Number 6, Pages 43-57

https://doi.org/10.22077/jgdms.2024.3114

Food Self-Sufficiency and Water Resources: A Return to Iran's Future Challenges

Hassan Afrakhteh [1], Mohammad Hajipour [2*]

1. Department of Human Geography, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
2. Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Birjand, Birjand, Iran

**Corresponding author, Email: mhajipour@birjand.ac.ir*

Keywords:
Sustainability, Accessible Water, Food Security, Virtual Water Trade, Iran.

Introduction

Iran possesses 0.3% of the world's renewable water resources, while hosting 1% of the global population. Over the past few decades, water consumption in Iran has consistently exceeded the initial water stress threshold (i.e., one-fourth of total renewable water) by nearly four times. Currently, the average annual water consumption in Iran is estimated at around 96 billion cubic meters, which is approximately 8% more than the total renewable water resources of Iran (89 billion cubic meters) and about 50% higher than the scarcity threshold. More than half of the rural population (10.4 million people) lives in areas of high-water stress (4 million people) and in regions of acute water stress (6.4 million people). If the current conditions persist, in addition to the aforementioned economic and social issues, further harm will be inflicted on the environment, making it increasingly difficult to restore the environment to its normal state. On average, 90% of the country's water consumption is allocated to the agricultural sector, 7% to urban-domestic use, and 3% to industry. Consequently, the increase in national water consumption is often justified by the rising water usage in agriculture. Thus, urban and industrial water consumption, despite having relatively higher allocation priorities based on necessity, constitutes only one-tenth of total water consumption. Therefore, transformative measures in the urban and industrial sectors inherently cannot have a significant impact on the national water crisis. Therefore, reducing water consumption in agriculture is considered the only viable option to address the water crisis in Iran, a situation that contradicts the country's goal of food self-sufficiency. A decline in agricultural activities in Iran may have significant repercussions, not only for food security but also for the employment of approximately four million farmers, the majority of whom are over fifty years old and lack other professional skills. Furthermore, a reduction in agricultural activities will lead to unemployment in other sectors of the economy. The objective of this research is to study the available water resources and water needs of the country in relation to food requirements, utilizing documentary data and qualitative analysis. Subsequently, potential solutions to address the national water crisis will be explored. Finally, the study will address the question of whether food self-sufficiency is achievable for Iran without depleting its water resources.

Methodology

This research employs a qualitative and analytical approach to examine the challenges of food self-sufficiency and water resources in Iran. The necessary data were collected from documentary sources and previous studies and were utilized to analyze the current state of water and food needs in the country. In the first phase, information regarding renewable water resources and water consumption across various sectors, particularly agriculture, was reviewed. Using climatic and hydrological data from historical documents, the current situation and future projections were analyzed. Subsequently, the country's food needs were studied based on demographic and economic variables through analytical models. In the second phase, potential solutions to address the water crisis and food security were explored from the perspectives of governance and policymaking. This examination included an assessment of modern irrigation techniques, greenhouse development, and

Received:
03/May/2024

Accepted:
19/Aug /2024

virtual water trade. Data analysis was conducted using statistical and modeling software, and the findings were discussed to provide practical recommendations for improving water resource management and food security in Iran. This approach aims to identify existing barriers and offer effective strategies to achieve food security objectives and sustainable water resource management in the country.

Findings

The long-term average annual rainfall in Iran from 1980 to 2010 (1359-1389) is approximately 236 millimeters, equivalent to 382 billion cubic meters of water. Between 1980 and 2010, the average rainfall decreased by 1.5 millimeters per year. However, not all regions have been affected equally, with the western and northwestern parts of Iran showing the most significant reductions in rainfall. Overall, about a quarter of the country has experienced considerable rainfall decline. In addition to this decrease in rainfall, the average annual temperature in Iran has increased by 0.4 degrees Celsius per decade, leading to greater water loss through evaporation and transpiration. As a result of the combined effects of these two factors, the available water in Iran has decreased from an average of 125 billion cubic meters to 89 billion cubic meters. Currently, 23% of Iran's total area is under critical groundwater stress, and 24% is under high water stress. Furthermore, 34% of the irrigated lands in Iran (including agricultural and horticultural products) are located in areas classified as experiencing critical stress, 19% in areas with high stress, and 47% in areas with no stress or minimal groundwater stress.

Over the past three decades, despite a significant decline in the total fertility rate, Iran's population has increased by nearly one million people per year, and it is projected to exceed 87 million by 2025. This indicates that the annual population growth rate (P) will decrease from 1.1% in 2018 to 0.7% by 2025. Based on expected population trends, per capita income, and future food prices, it is anticipated that Iran's total food demand in monetary terms will reach $46 billion (in constant dollars) by 2025. Consequently, it can be inferred that a significant gap will exist between the country's water needs and the requirements for food production, a challenge that cannot be easily overcome without careful planning.

Discussion and Conclusion

Considering the realities of Iran's water and soil landscape, it can be concluded that the hope for long-term self-sufficiency is an unrealistic notion. Instead of focusing on self-sufficiency, policymakers should prioritize ensuring the country's food security, which can be achieved through the optimal utilization of water and soil resources, alongside strengthening other sectors of the economy and increasing food imports. In today's world, possessing implicit knowledge is fundamental to competitiveness and the success of nations. Relying solely on physical capital for sustainable economic growth will not yield desired outcomes; rather, emphasis must be placed on educating human capital and fostering a knowledge-based economy. The total food requirements of the country (amounting to $46 billion overall, with $18 billion in annual imports) cannot be compared to the losses incurred from the decline of surface and groundwater resources in various aspects. Therefore, a strategic approach that integrates food security with sustainable resource management and economic diversification is essential for overcoming these challenges.

How to cite this article:

Afrakhteh, H. & Hajipour, M. (2024). Food Self-Sufficiency and Water Resources: A Return to Iran's Future Challenges. *Green Development Management Studies*, **3(2), 43-57. https://doi.org/10.22077/jgdms.2024.3114**

Copyright: © 2024 by the authors. Licensee Journal of Green Development Management Studies. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقاله پژوهشی

مجله مطالعات مدیریت توسعه سبز

سال سوم، شماره دوم، پیاپی ۶، پاییز و زمستان ۱۴۰۳، صفحات ۴۳-۵۷

https://doi.org/10.22077/jgdms.2024.3114

خودکفایی غذایی و منابع آب؛ بازگشت به چالش آینده ایران

حسن افراخته[۱]، محمد حجی‌پور[۲*]

[۱] استاد گروه جغرافیای انسانی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

[۲] استادیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: mhajipour@birjand.ac.ir

واژگان کلیدی:

پایداری، آب در دسترس، امنیت غذایی، تجارت آب مجازی، ایران.

تاریخ دریافت:

۱۴ اردیبهشت ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش:

۲۹ مرداد ۱۴۰۳

چکیده

افزایش جمعیت در کنار تغییرات اقلیمی برای ایران تبعات عدیده‌ای در زمینه آب و غذا داشته و با توجه به تشدید آن، دغدغه آینده را دوچندان می‌کند؛ ضرورت بازنگری در منطق و رویه‌های نظام حکمرانی و سیاست‌گذاری کشور با نگاه به آینده، امری خطیر و مطالبه‌ای جدی است. متوسط مصرف سالانه آب در ایران حدود ۹۶ میلیارد متر مکعب است که این رقم، حدود ۸ درصد بیشتر از کل منابع آب تجدیدپذیر ایران (۸۹ میلیارد مترمکعب) است. بدین‌سان، بین نیاز آبی و عرضه پایدار آب، شکاف بزرگی به وجود آمده که می‌تواند کشور را به‌سمت بحران اجتماعی و محیط زیستی با تأثیر تعیین‌کننده بر رفاه نسل‌های کنونی و آینده به پیش ببرد. در این پژوهش، با به‌کارگیری داده‌های اسنادی و تحلیل کیفی و تجربی آنها، نخست، آب در دسترس و نیاز آبی کشور درباره نیاز غذایی مطالعه شد. آنگاه، راه حل‌های احتمالی مقابله با بحران آب از منظر حکمروایی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیجه نشان داد که علاوه بر محدودیت‌های شناخته شده آبی، منابع زمین نیز موانع قابل‌توجهی برای تولید پایدار غذا برای جمعیت روبه‌رشد ایران ایجاد می‌کند؛ نوسازی سیستم آبیاری، به‌کارگیری سیستم گلخانه‌ای و ساختن سدهای بیشتر نمی‌تواند به‌روش پایدار و مقرون به صرفه ای بحران آبی کشور را حل کند؛ در نتیجه، امید به خودکفایی در درازمدت، چشم‌انداز مطلوبی نخواهد داشت، به‌جای آن، سیاست‌گذاران باید هدف اصلی خود را تضمین امنیت غذایی کشور قرار دهند که می‌توان ضمن بهره برداری بهینه از منابع آب و خاک، تقویت سایر بخش‌های اقتصاد و امکان واردات کالاهای آب‌بر و نیز تولید این کالاها در نواحی پرآبِ جهان با سرمایه‌گذاری مشترک، به آن دست‌یافت.

مقدمه

بند ۹ اصل ۴۳ قانون اساسی ایران "بر افزایش تولیدات کشاورزی، دامی و صنعتی که نیازهای عمومی را تأمین کند و کشور را به مرحله خودکفایی برساند و از وابستگی برهاند"، تأکید شده‌است. در اصل پنجاهم قانون اساسی ایران چنین آمده است: "حفاظت محیط‌زیست که نسل امروز و نسل‌های بعد باید در آن حیاط اجتماعی رو به رشدی داشته‌باشند، وظیفه عمومی تلقی می‌گردد. از این رو فعالیت‌های اقتصادی و غیر آنکه با آلودگی محیط‌زیست یا تخریب غیر قابل جبران آن ملازمه پیدا می‌کند، ممنوع است". در حالی که بین امنیت آب (محیط‌زیست) و اهداف بعد کمی امنیت غذایی (ضرایب خودکفایی) در ایران تناقض وجود دارد (سالاری بردسیری و دیگران، ۱۴۰۱:۴۹۹-۵۱۴). یعنی با توجه به شرایط ایران، نمی‌توان خودکفایی در تولید مواد غذایی را تأمین کرد مگر آنکه محیط‌زیست (آب) دچار تخریب شود وضعیتی که هم اکنون در کشور وجود دارد.

ایران سه دهم درصد از منابع تجدید پذیر آب دنیا را دارد در صورتی که یک درصد از جمعیت جهان را در خود جای داده است (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۳۸-۲۵۴). در طول چند دهه گذشته، مصرف آب در ایران به‌طور مداوم از آستانه تنش آبی اولیه (یعنی یک چهارم کل آب تجدیدپذیر) تقریباً چهار برابر فراتر رفته‌است. امروزه متوسط مصرف سالانه آب در ایران حدود ۹۶ میلیارد متر مکعب تخمین زده می‌شود که این رقم، حدود ۸ درصد بیشتر از کل منابع آب تجدیدپذیر ایران (۸۹ میلیارد مترمکعب) یا حدود ۵۰ درصد بالاتر از آستانه کمبود است (مسگران و آزادی[1]،۲۰۱۸). در ایران بین تقاضا و عرضه پایدار آب، شکاف بزرگی به وجود آمده که می‌تواند کشور را به‌سمت یک بحران اجتماعی و محیط زیستی تمام‌عیار با تأثیر تعیین‌کننده بر رفاه نسل‌های کنونی و آینده به پیش ببرد. آب دریاچه‌های کشور (ارومیه، گاوخونی، هامون و...) رو به کاهش گذاشته‌است؛ آب رودخانه‌ها و سفره‌های زیرزمینی رو به تنزل رفته؛ و روند کاهشی دسترسی به آب کشور به تشدید درگیری‌های بین‌منطقه‌ای و بین بخشی بر سر آب (در اصفهان و بین اصفهان و یزد) منجر شده‌است. در دشت رفسنجان به‌دلیل توسعه پسته‌کاری، و بهره برداری بیش از حد از چاه‌ها، سطح ایستایی آب زیر زمینی با افت شدید روبه‌رو شده و استحصال بیش از حد آب، باعث شوری و تلخی آب و کاهش کیفیت و کاهش محصول پسته شده‌است (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۳۸-۲۵۴). در دیگر نقاط کشور، اخبار مربوط به افت سطح سفره‌های زیر زمینی اغلب طنین‌انداز است.

هم اکنون بیش از نیمی از جمعیت روستایی کشور(۱۰.۴ میلیون نفر) در منطقه با تنش آبی بالا(۴ میلیون نفر)، و در منطقه با تنش آبی حاد(۶.۴ میلیون) نفر زندگی می‌کنند (مسگران و آزادی،۲۰۱۸). اگر شرایط فعلی ادامه داشته‌باشد، علاوه بر مشکلات اقتصادی، اجتماعی مزبور، آسیب بیشتری به محیط‌زیست وارد می‌شود و احتمال بازگرداندن محیط به‌حالت عادی سخت‌تر می‌شود. از کل آب مصرفی کشور، به‌طور متوسط، ۹۰ درصد آب در بخش کشاورزی، ۷ درصد در بخش شهری-خانگی و ۳ درصد در صنعت مصرف می‌شود[2](تقی زاده خامسی،۱۴۰۲). به همین جهت، افزایش مصرف آب کشور، اغلب با افزایش مقدار آب مصرفی در بخش کشاورزی توجیه می‌شود. بنابر این، مصرف آب شهری و صنعتی علاوه بر اولویت‌های تخصیصی نسبتاً بالاتری که بر اساس اصول لازم است، فقط یک دهم کل مصرف آب را تشکیل می‌دهد و ایجاد تحول در بخش شهری و صنعت ذاتاً نمی‌تواند در سطح کلان تأثیری بر بحران آب کشور داشته‌باشد. بنابراین، کاهش مصرف آب توسط کشاورزی تنها گزینه مناسب برای مقابله با بحران آب در ایران تلقی می‌شود، موضوعی که در تناقض با هدف خودکفایی غذایی کشور است.

خودکفایی غذایی لزوماً به‌معنای امنیت غذایی نیست. سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) امنیت غذایی را این‌گونه تعریف می‌کند: "وضعیتی که زمانی وجود دارد که همه مردم در همه زمان‌ها دسترسی فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی به غذای کافی، ایمن و مغذی داشته‌باشند که نیازهای غذایی و غذای آنها را ترجیحاً برای یک زندگی فعال و سالم برآورده کند. " بنابراین امنیت غذایی هیچ فرضی پیشینی

[1] Mesgaran & Azadi

[2] در این زمینه داده های آماری متفاوتی ارائه شده است اما با اندکی اغماض می توان این آمار را پذیرفت

در مورد اینکه غذا از کجا منشأ می‌گیرد، ندارد، بلکه بر روی دسترسی عادلانه و پایدار غذا به مردم تمرکز می‌کند. با تمرکز بر منشأ غذا یا ظرفیت تولید آن در داخل، رویکرد تولیدگرایانه تنها به مولفه در دسترس بودن (تأمین) امنیت غذایی می‌پردازد. در نتیجه، یک کشور خودکفا یا حتی صادرکننده مواد غذایی ممکن است همچنان دارای تعداد زیادی از افراد کم‌تغذیه مثل پاکستان باشد که درآمد پایین آنها برای خرید غذا کافی نیست. در همین حال، برخی از کشورهای غیر خودکفا مانند بریتانیا و ژاپن که کمتر از ۸۰ درصد مواد غذایی خود را تولید می‌کنند، از امنیت غذایی بالایی برخوردار هستند، زیرا نه‌تنها می‌توانند هزینه واردات مواد غذایی را داشته‌باشند، بلکه هیچ نگرانی در مورد این موضوع ندارند. در هر صورت، همه کشورها به تجارت بین‌المللی مواد غذایی می‌پردازند، زیرا همه محصولاتی که سبد غذایی یک کشور را تشکیل می‌دهند، به‌دلیل محدودیت‌های اقلیمی نمی‌توانند در مرزهای سیاسی آن کشور رشد کنند. بنابراین ممکن است یک کشور بر اساس مزیت نسبی خود، یک محصول خاص را بیش از حد تولید کند اما واردکننده لوبیا یا محصول دیگری باشد (کلپ[1]، ۲۰۱۵). اما کاهش فعالیت‌های کشاورزی در ایران می‌تواند پیامدهای مهمی علاوه بر تأمین غذای ملت، در اشتغال حدود چهار میلیون کشاورز به‌همراه داشته‌باشد که اکثریت آنها بالای پنجاه سال سن دارند و فاقد مهارت‌های حرفه‌ای دیگر هستند. کاهش فعالیت‌های کشاورزی همچنین، منجر به بیکاری در سایر بخش‌های اقتصادی کشور خواهد شد. با عنایت به اینکه دستیابی به امنیت غذایی در ایران نیازمند اقدام فوری برای تعادل بین استفاده از آب و بهره‌وری کشاورزی، همراه با مدیریت مؤثر تقاضای غذایی است (سلطانی و همکاران،۲۰۲۰)، در تحقیق حاضر کوشش شده با استفاده از داده‌های اسنادی و تحلیل کیفی، تجربی آنها، نخست، آب در دسترس و نیاز آبی کشور را در رابطه با نیاز غذایی مطالعه نماید. آنگاه، راه حل‌های احتمالی مقابله با بحران آب کشور مطالعه شود. در پایان به این پرسش پاسخ دهدکه آیا بدون از دست دادن منابع آب خودکفایی غذایی برای ایران امکان‌پذیر است؟

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی چالش‌های خودکفایی غذایی و منابع آب در ایران، از یک رویکرد کیفی و تحلیلی استفاده کرده است. داده‌های مورد نیاز از منابع اسنادی و مطالعات پیشین جمع‌آوری شده و به‌منظور تحلیل وضعیت آب و نیازهای غذایی کشور، به‌کار گرفته شده‌اند. در مرحله اول، اطلاعات مربوط به منابع آب تجدیدپذیر و مصرف آب در بخش‌های مختلف، به‌ویژه کشاورزی، مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از داده‌های اقلیمی و آبی مندرج در اسناد گذشته، وضعیت فعلی و پیش‌بینی‌های آینده تحلیل شده است. سپس، نیازهای غذایی کشور بر اساس متغیرهای جمعیتی و اقتصادی، با استفاده از مدل‌های تحلیلی مورد مطالعه قرار گرفته است.

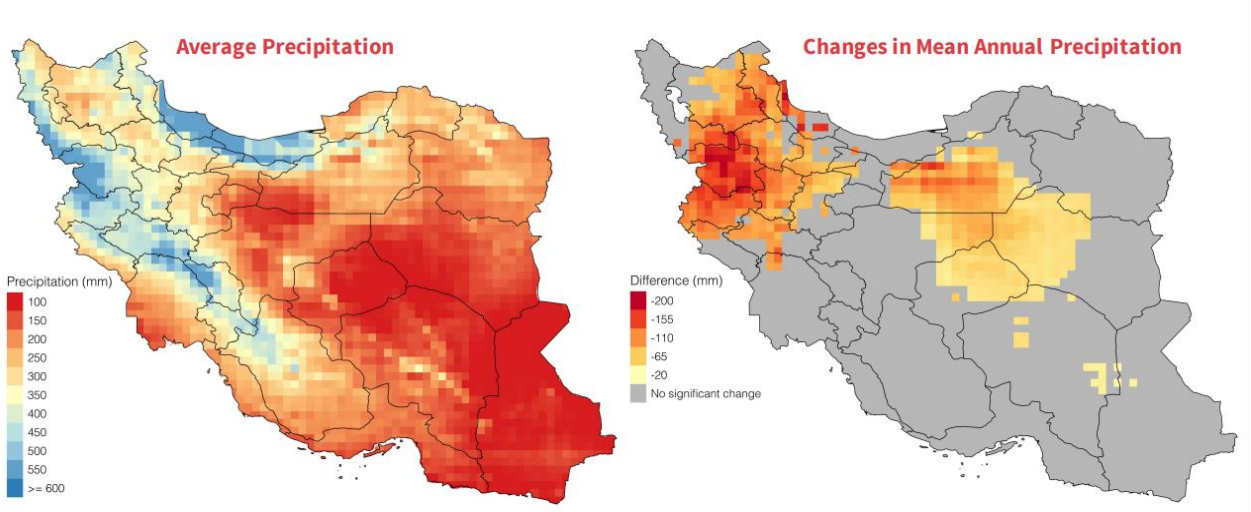
در مرحله دوم، راه‌حل‌های ممکن برای مقابله با بحران آب و امنیت غذایی از منظر حکمرانی و سیاست‌گذاری بررسی شده است. این بررسی شامل ارزیابی تکنیک‌های نوین آبیاری، توسعه گلخانه‌ها و تجارت آب مجازی است. تحلیل داده‌ها با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای آماری و مدل‌سازی انجام شده و نتایج به‌دست‌آمده به‌منظور ارائه پیشنهادات عملی برای بهبود وضعیت منابع آب و امنیت غذایی در ایران، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. این رویکرد به‌دنبال شناسایی موانع موجود و ارائه راهکارهای مؤثر برای تحقق اهداف امنیت غذایی و مدیریت پایدار منابع آب در کشور است.

[1] Clapp

یافته‌های تحقیق

آب در دسترس و نیاز آبی

بر اساس داده‌های ارائه‌شده در مجموعه داده‌های آب و هوا برای مدل‌سازی کشاورزی ناسا[1](رانی و همکاران[2]،۲۰۱۵)، میانگین بارندگی سالانه بلندمدت ۱۳۵۹– ۱۳۸۹(۱۹۸۰–۲۰۱۰) ایران، حدود ۲۳۶ میلی‌متر، برابر ۳۸۲ میلیارد متر مکعب آب است که با داده‌های دریافتی مطابقت دارد (سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۹۷).



شکل ۱– متوسط بلند مدت بارندگی (سمت چپ) و و تغییرات میانگین بارندگی ایران (سمت راست) بین سال‌های ۱۹۸۰ . ۲۰۱۰

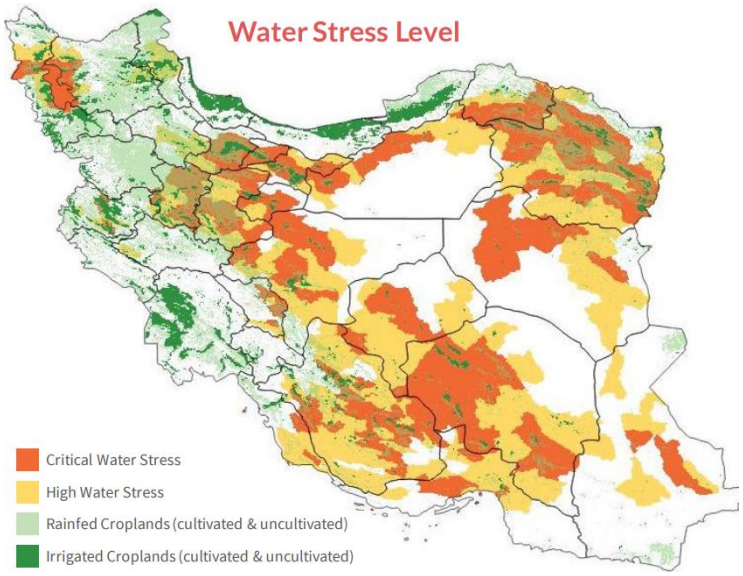
منبع: مسگران و آزادی، ۲۰۱۸.

تجزیه و تحلیل زمانی داده‌های شکل ۱ نشان‌می‌دهد که میانگین بارندگی بین سال‌های ۱۳۵۹–۱۳۸۹، به میزان ۱.۵ میلی‌متر در هر سال کاهش یافته‌است. ولی همه مناطق به یک میزان تحت‌تأثیر قرار نگرفته‌اند و غرب و شمال غرب ایران بیشترین کاهش بارندگی را نشان می‌دهند. به‌طور کلی حدود یک چهارم کشور کاهش بارندگی قابل‌توجهی را تجربه کرده است.

علاوه بر این کاهش بارندگی، میانگین دمای سالانه ایران ۰.۴ درجه سانتیگراد در هر دهه افزایش یافته‌است که منجر به اتلاف بیشتر آب از طریق تبخیر و تعرق شده‌است (سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۹۷). در نتیجه اثرات ترکیبی این دو عامل، آب در دسترس[3] ایران، به‌طور متوسط از ۱۲۵ میلیارد متر مکعب به ۸۹ میلیارد متر مکعب کاهش یافته‌است (سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۹۷).

در حال حاضر ۲۳ درصد از کل مساحت ایران تحت تنش بحرانی آب زیرزمینی، و ۲۴ درصد تحت تنش آبی بالا قرار دارند. ۳۴ درصد از اراضی آبی موجود ایران (شامل محصولات زراعی و باغی) در مناطق طبقه بندی شده به‌عنوان تنش بحرانی، ۱۹ درصد در اراضی با تنش بالا و ۴۷ درصد در اراضی بدون تنش یا حداقل تنش آب زیرزمینی قرار دارند (شکل ۲).

[1] AgMERRA
[2] Ruane
[3] TARWR=مجموع حجم رواناب سطحی، تغذیه آب های زیرزمینی و خالص آب فرامرزی



شکل ۲– تنش آبی در ایران

منبع: مسگران و آزادی، ۲۰۱۸.

در حال حاضر، کل مصرف آب در ایران، ۹۶ میلیارد مترمکعب تخمین زده شده‌است که ۸ درصد، از کل آب در دسترس بیشتر است، در حالی که برای کاهش کافی بحران آب فعلی، مصرف کل آب شیرین نباید بیش از ۶۰ درصد آب در دسترس باشد (سازمان ملل[1]، ۲۰۱۵). یعنی کل مصرف آب شیرین باید به ۵۳/۴ میلیارد متر مکعب کاهش یابد. با توجه به اولویت بیشتر مصارف آب شرب و صنعتی، کشاورزی آبی می‌تواند تنها بخش مشمول کاهش تخصیص آب باشد. از این رو، پس از کسر مصارف آب شهری و صنعتی آینده (۱۲/۱میلیارد مترمکعب تا سال ۲۰۲۵)، ۴۱/۳ میلیارد مترمکعب آب شیرین برای آبیاری باقی خواهد ماند در حالی که مصرف بخش کشاورزی هم اکنون ۸۶/۴ میلیارد مترمکعب است (مسگران و آزادی،۲۰۱۸).

نیاز غذایی کشور

تعیین‌کننده‌های اساسی تقاضای غذا در یک کشور را سه عامل اندازه جمعیت، درآمد سرانه و رژیم غذایی افراد تشکیل می‌دهند. کشورهای با درآمد متوسط، مانند ایران، احتمالاً تحت فشار تقاضای غذا هم از طریق رشد جمعیت و هم از طریق سطح درآمد مردم خواهند بود. بنابراین، علاوه بر مواهب منابع طبیعی ایران که تعیین کننده پتانسیل ذاتی کشور برای تأمین غذای داخلی است، در طراحی سیاست‌های امنیت غذایی و زیست‌محیطی باید به مراحل کنونی و آینده توسعه کشور نیز توجه شود. فرض که رابطه بین تغییرات تقاضای غذا با نرخ رشد جمعیت و درآمد سرانه واقعی را می‌توان با رابطه (۱) بیان کرد:

$D = P + N.\ Pci$ رابطه (۱):

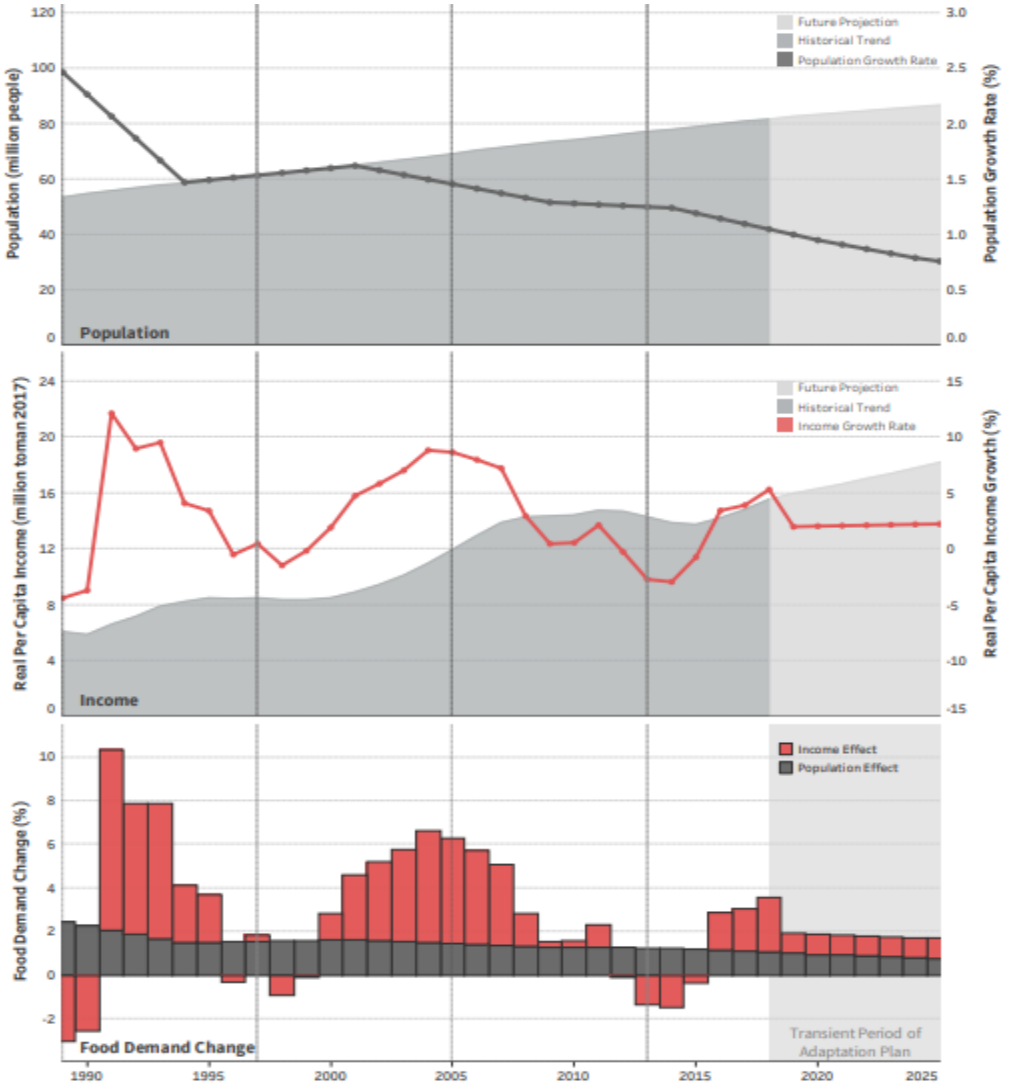
که در آن D نرخ رشد تقاضا برای غذا، P نرخ رشد جمعیت، N کشش درآمدی متوسط تقاضا برای غذا و Pci نرخ رشد درآمد سرانه واقعی است (مسگران و آزادی،۲۰۱۸).

طی سه دهه گذشته، علی‌رغم کاهش شدید نرخ باروری کل کشور، جمعیت ایران تقریباً یک میلیون نفر در سال افزایش یافته‌است و جمعیت ایران تا سال ۲۰۲۵ به بیش از ۸۷ میلیون نفر خواهد رسید (رودی[2] و همکاران، ۲۰۱۷). این به این معنی خواهد بود که نرخ

[1] United Nations
[2] Roudi

رشد سالانه جمعیت (P) از ۱/۱ درصد در سال ۲۰۱۸ به ۰/۷ درصد تا سال ۲۰۲۵ کاهش خواهد یافت. عبارت دوم در معادله تقاضای غذا (N. Pci) پویایی تقاضای غذا را به‌عنوان یک کشور در مراحل مختلف توسعه و درآمد سرانه (Pci) را نشان‌می‌دهد. شاخص رد پای آب کشور در بخش زراعت هشتاد و یک و نه دهم درصد است (سالاری بردسیری و همکاران، ۱۴۰۱: ۴۹۹-۵۱۴). با افزایش درآمد، مردم تمایل دارند غذاهای گران‌تری مانند میوه‌ها، سبزیجات و محصولات حیوانی (گوشت، لبنیات و ماهی) بخرند که اغلب با رد پای آب بالاتر همراه هستند. به‌طور معمول، با افزایش مصرف سرانه محصولات دامی، مصرف مستقیم غلات کاهش می‌یابد در حالی که تقاضای غیرمستقیم آنها برای خوراک دام افزایش می‌یابد که به نوبه خود، تقاضای کل برای غلات را افزایش می‌دهد.

بر اساس روندهای مورد انتظار جمعیت، درآمد سرانه (شکل ۳) و قیمت آتی مواد غذایی (بانک جهانی، ۲۰۱۸)، پیش بینی می‌شود که کل تقاضای غذای ایران از نظر ارزش پولی تا سال ۱۴۰۴ به ۴۶ میلیارد دلار (دلار ثابت) برسد (مسگران و آزادی،۲۰۱۸). در نتیجه می‌توان استنباط کرد که شکاف زیادی بین نیاز آبی کشور و نیاز به تولید مواد غذایی وجود خواهد داشت و این مسئله‌ای نیست که بتوان به آسانی و بدون برنامه ریزی از آن عبور کرد.



شکل ۳– برآورد اثرات نرخ رشد جمعیت و درآمد سرانه بر تقاضای غذا در ایران

منبع: مسگران و آزادی،۲۰۱۸

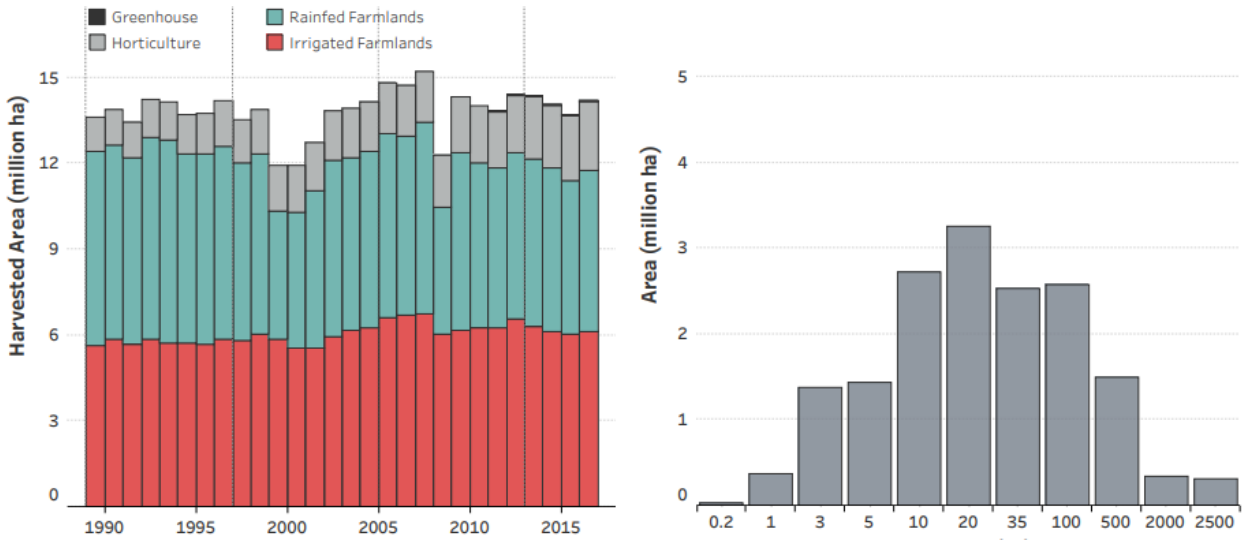
راه حل‌های احتمالی مقابله با بحران آب کشور

الف، نوسازی سیستم آبیاری

منظور از نوسازی سیستم آبیاری، آبیاری تحت فشار، بتونی کردن کانال‌های آبیاری برای جلوگیری از اُفت آب (تبخیر، نفوذ به لایه‌های پایین و نظایر آن)، نوسازی شبکه‌های و کانال‌های آب، انبار کردن آب در استخرها و آب‌انبارها و استفاده از سوپر جاذب[1] برای جلوگیری از هدر رفت آب در بخش کشاورزی است. سیستم‌های آبیاری مدرن می‌توانند به میزان قابل‌توجهی در مصرف آب در سطح مزرعه صرفه جویی کنند، اما اثربخشی کلی آنها در کاهش مصرف آب در سطح حوضه ناچیز است؛ زیرا بیش از نیمی از زمین‌های آبی (یعنی یک چهارم کل زمین‌های کشاورزی) در ایران برای چنین تحولی مناسب تلقی نمی‌شود. در ایران، بیش از سه میلیون مزرعه، وجود دارد (شکل ۴) که علی‌رغم برنامه ریزی برای یکپارچه سازی اراضی، وسعت آنها روند کاهشی نیز داشته است. امروزه بیش از ۸۵ درصد از مزارع کوچک‌تر از ۱۰۰ هکتار وسعت دارد (سالنامه آماری ایران، سال‌های ۱۳۶۸–۱۳۹۵). به‌طور متوسط، اندازه مزارع آبی (۲/۹ هکتار) و کوچک‌تر از مزارع دیم (۶/۹هکتار) است (سالنامه آماری ایران، سال‌های ۱۳۶۸–۱۳۹۵).

اندازه مزارع کوچک پیامدهای مختلفی در رابطه با بهره‌وری، پایداری و اقتصاد اجتماعی کشاورزی دارد. درحالی‌که کشاورزی خرده‌مالک به‌دلیل جنبه‌های اکولوژیکی (مانند تنوع بیشتر و ورودی‌های شیمیایی کمتر) و اجتماعی (مثلاً بازارهای محلی) مطلوب است، مزارع کوچک، کارآمدی کمتری دارد و تولید هر واحد محصول در آن با توجه به اصل صرفه‌جویی در مقیاس، گران‌تر تمام می‌شود که در فقر کشاورزان اثر دارد. علاوه بر این، مزارع کوچک و جدا از هم با هندسه نامنظم، که نمونه اکثر مزارع ایران است، کمتر در معرض استفاده از ماشین آلات و اجرای سیستم‌های آبیاری و زهکشی مدرن هستند (مسگران و آزادی،۲۰۱۸).

ارزیابی اراضی ایران برای تناسب کشاورزی نشان می‌دهدکه علاوه بر محدودیت‌های شناخته شده آبی، منابع زمین نیز موانع قابل‌توجهی برای تولید پایدار غذا برای جمعیت روبه‌رشد ایران ایجاد می‌کند. بسیاری از عوامل مرتبط با شرایط خاک و زمین، مانند مواد آلی کم، شوری زیاد و توپوگرافی کوهستانی، اکثریت قریب به اتفاق زمین‌های ایران را برای کشاورزی نامناسب می‌کند (مسگران و همکاران، ۲۰۱۶).

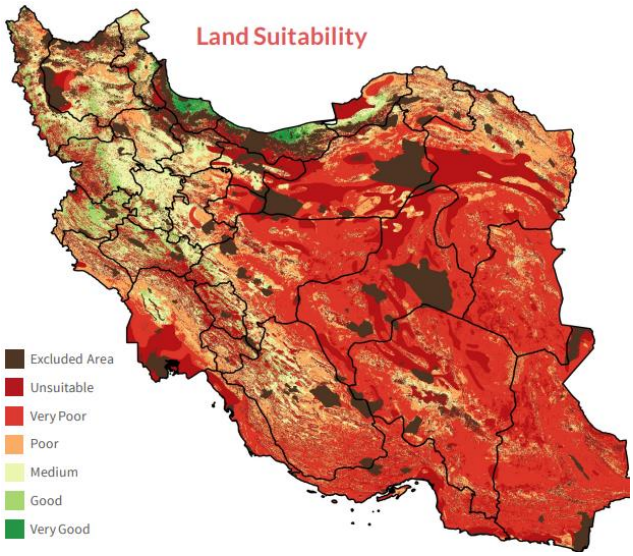


شکل ۴– نواحی برداشت محصولات بر حسب ابعاد مزارع (سمت چپ) و اندازه مزارع به هکتار (سمت راست)

منبع: مسگران و آزادی،۲۰۱۸

[1] این ماده یک پلیمر است که به عنوان یک ماده افزودنی به خاک اضافه می شود تا آب ومواد غذایی را جذب کند و برای مدت زمان طولانی تری در اختیار گیاهان قرار دهد. با استفاده از این ماده فاصله بین آبیاری گیاهان کاهش پیدا می کند، هزینه های آبیاری کمتر می شود و تلف شدن آب کاهش می یابد.

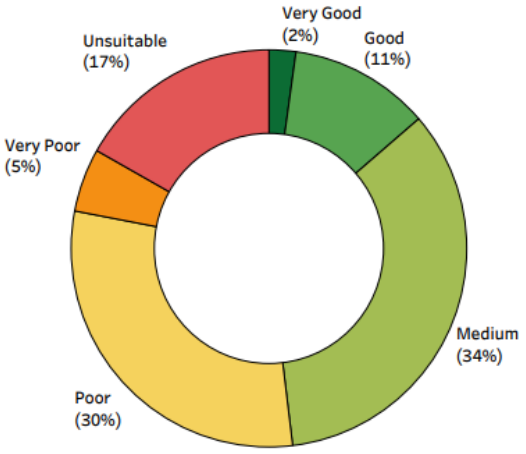
شکل ۵، با استفاده از ارزیابی ویژگی‌های خاک و زمین سرزمین ایران، نشان‌می‌دهد که ۱۹ درصد از اراضی آبی موجود ایران در مناطقی قرار دارند که به‌عنوان نامناسب طبقه‌بندی شده‌اند و ۳۳ درصد در زمین‌هایی با طبقه مناسب بسیار ضعیف قرار دارند.



شکل ۵– مطلوبیت اراضی برای کشاورزی

منبع: مسگران و آزادی،۲۰۱۸

تنها حدود ۳ درصد از خشکی کشور را می‌توان به‌عنوان زمین‌های اصلی و بدون محدودیت برای کشت در نظر گرفت، که همه آن در حال حاضر برای کشاورزی استفاده می‌شوند (شکل ۶). سطح قابل‌توجهی (حدود ۵۰ درصد) از کشاورزی فعلی در زمین‌های بی کیفیت انجام‌می‌شود که یک عمل کشاورزی ناپایدار است. داده‌های ارائه شده در نمودار ۶ نشان‌می‌دهد که کشاورزی از تمام منابع زمین مناسب در ایران بهره برداری کرده است و جایی برای گسترش بیشتر ندارد. مقادیر آبی که می‌توان در ایران از طریق نوسازی آبیاری صرفه جویی کرد، در مقایسه با مقادیر فراوان آبی که باید برای کاهش بحران جاری (حدود ۴۴ میلیارد متر مکعب) صرفه جویی شود، بسیار ناچیز خواهد بود.



شکل ۶– تناسب کشاورزی اراضی زراعی موجود در ایران

منبع: مسگران و آزادی،۲۰۱۸

سوم، زمین‌های موجود برای کشاورزی احتمالاً در آینده به‌دلایل مختلفی مانند تغییر کاربری زمین (شهرنشینی) و تخریب زمین (فرسایش خاک، بیابان زایی و شور شدن) کاهش می‌یابد. از این رو، توسعه کشاورزی با هزینه‌های هنگفت تخریب زمین و کاهش منابع آب رخ داده است. بنابر این، این احتمال وجود دارد که کمبود آب و فرسودگی خاک منجر به کاهش ناخواسته و کنترل نشده در تولید بخش کشاورزی در دراز مدت شود و اگر کاهش تولید کشاورزی با رشد اقتصادی پایدار در سایر بخش‌ها همراه نباشد، ایران ممکن است با سطح بالایی از سوءتغذیه و گرسنگی مواجه شود.

چهارم، استفاده از روش‌های آبیاری با تکنولوژی بالا (مثل آبیاری قطره‌ای) می‌تواند موجب صرفه‌جویی قابل‌توجهی در آب با افزایش راندمان آبیاری معمولاً بین ۵۰ تا ۸۰ درصد می‌شود (پری[1]، ۲۰۱۲)؛ این امر می‌تواند برای صرفه جویی در مزارع منفرد معتبر باشد، در صورتی که هنگام تغییر از آبیاری سنتی به آبیاری مدرن، دو پیامد ناخواسته در مقیاس حوضه رخ می‌دهد که باید در نظر گرفته شوند:

اولاً، بخشی از آنچه در آبیاری سنتی به‌عنوان هدر رفت آب در نظر گرفته‌می‌شود، در واقع قابل بازیافت است و از طریق بازگشت به رودخانه‌ها و دریاچه‌ها یا با نفوذ به زمین برای تغذیه سفره‌های زیرزمینی، به آب محیطزیست کمک می‌کند (پری، ۲۰۱۷). گرچه کیفیت جریان برگشتی از مزارع اغلب کمتر از آب اولیه مورد استفاده برای آبیاری است و ممکن است، آلوده به آفت‌کش‌ها، کودها و نمک‌ها باشد.

ثانیاً، در غیاب کنترل فیزیکی منابع آب توسط دولت، نوسازی سیستم‌های آبیاری به‌طور طبیعی منجر به گسترش زمین‌های زراعی می‌شود، زیرا در کشور کم آبی مانند ایران، تا زمانی که آب در دسترس باشد، تمایل به استفاده وجود دارد.

با توجه به این عوامل که معمولاً نادیده گرفته می‌شوند، صرفه جویی واقعی آب با آبیاری پیشرفته در سطح حوضه اغلب کمتر از مزارع کوچک و پراکنده‌است.

حدود چهار میلیون هکتار از اراضی زراعی آبی (شامل محصولات زراعی و باغی) در ایران برای ارتقا به سیستم‌های آبیاری نوین (با توسعه فعلی نزدیک به ۱۰۰۰۰۰ هکتار در سال) مناسب تلقی می‌شود. صرفه جویی آب مورد انتظار از اجرای سیستم‌های آبیاری نوین برای هر هکتار ۴۰۰۰ متر مکعب در سطح مزرعه برآورد شده‌است. بر اساس داده‌های گزارش شده برای جریان برگشتی کشاورزی در ایران فرض می‌شود که صرفه جویی در سطح حوضه آب ۷۵ درصد برآوردهای مبتنی بر مزرعه (۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار) است. علاوه بر این، بر اساس داده‌های اخیر منتشر شده توسط وزارت کشاورزی ایران(۱۳۹۲–۱۳۹۵)، فرض می‌شود که بهبود در شبکه‌های زهکشی و انتقال و توزیع آب منجر به صرفه‌جویی اضافی در آب، برابر ۰/۲ میلیارد متر مکعب در سال می‌شود (مسگران و آزادی،۲۰۱۸) همه اینها نشان‌می‌دهد که از این طریق نیز آب قابل‌توجهی صرفه جویی نخواهد شد.

ب، گسترش گلخانه‌ها

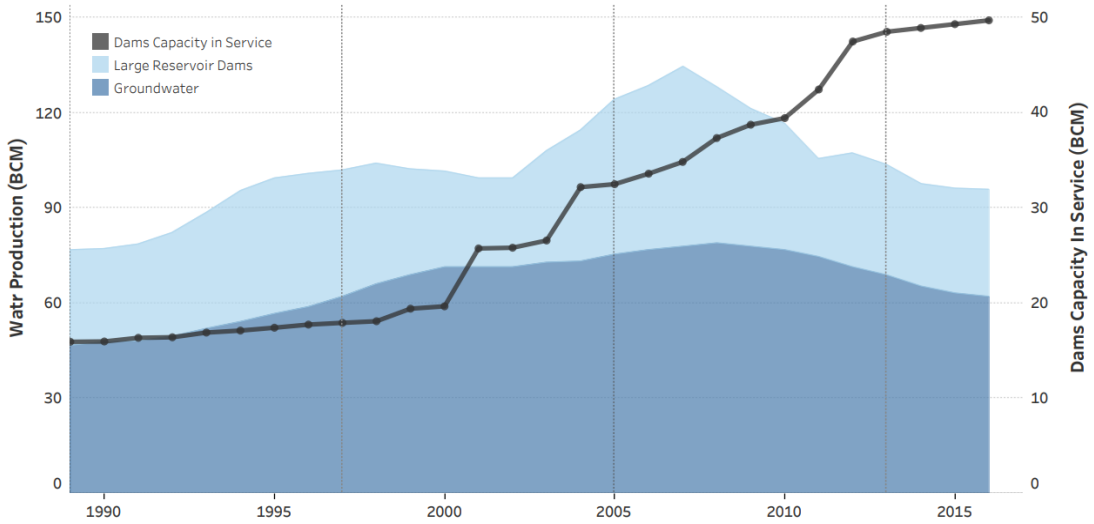
توسعه گلخانه‌ها می‌تواند یکی دیگر از پیشرفت‌هایی باشد که در آینده مصرف آب کشاورزی ایران را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. از سال ۱۳۸۹، مساحت کل گلخانه‌ها در ایران با میانگین سالانه ۶۲۰ هکتار افزایش یافته و در سال ۱۳۹۵ به ۱۱۲۰۰ هکتار رسیده است. در تحلیل ارائه شده در اینجا، فرض می‌شود که سرعت گسترش گلخانه‌ها به‌گونه‌ای افزایش می‌یابد که کل مساحت گلخانه‌ای تا سال ۱۴۰۴ به ۲۵۰۰۰ هکتار خواهد رسید. با فرض کاهش ۵۰ درصدی تبخیر و تعرق (ET) و بر اساس آخرین داده‌ها در مورد ترکیب محصولات تولیدی ایران در گلخانه‌ها (به‌عنوان مثال گوجه‌فرنگی، خیار و فلفل) (وزارت کشاورزی، ۱۳۹۲–۱۳۹۵)، تخمین زده می‌شود که میانگین آب صرفه جویی در هر هکتار گلخانه، حدود ۴۰ هزار متر مکعب باشد. با توجه به مفروضات فوق،

[1] Perry

برآورد می‌شود که کل تأمین آب اضافی و صرفه‌جویی حاصل از توسعه‌های آتی آبیاری با فناوری پیشرفته، گلخانه‌ها، آب بازیافتی و بهبود زیرساخت‌های زهکشی و انتقال آب، ۶.۹ میلیارد متر مکعب به آب موجود کشاورزی در سال اضافه می‌کند (مسگران و آزادی،۲۰۱۸).

ج، ساخت سدهای بیشتر

ساخت سدهای بیشتر برای جذب آب‌های سطحی و توسعه چاه‌های آب برای بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی که زمانی بخشی از راه‌حل محسوب می‌شد، اکنون بخشی از این مشکل تلقی می‌شود. زیرا در دنیای کنونی یکی از عوامل تخریب محیطزیست را سدسازی‌ها عنوان می‌کنند که می‌تواند آسیب‌های جبران‌ناپذیر به جنگل‌ها، رودخانه‌ها، کوهستان‌ها، آبخیزها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها، دشت‌ها و حتی دریاها وارد کند. حتی گروهی از محققان پا را از این نیز فراتر گذاشته و معتقدند که سد سازی فعالیتی بیابان‌زا به‌حساب می‌آید (مهدی آبادی،۱۳۹۳). مشکلات زیست‌محیطی، کاهش کیفیت آب، به زیر آب رفتن مکان‌های تاریخی و تغییر کاربری، از دیگر عواقب سدسازی بی‌رویه است. طبق آمار معاونت توسعه در ایران مجموعاً ۶۴۷ سد در مرحه بهره برداری هستند در حالی که ۵۳۷ سد در مرحله مطالعاتی، و ۱۴۶ سد در مرحله اجرایی قرار دارد (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۳۸-۲۵۴).گلایک(۲۰۱۳)، سدسازی را به‌عنوان مسیر سخت معرفی کرده که علاوه بر منافع، عواقب منفی اجتماعی و زیست محیطی بسیاری در بر دارد.



شکل ۷– برداشت آب ایران (آب سطحی زیرزمینی شامل چاه، قنات و چشمه)

منبع: مسگران و آزادی،۲۰۱۸

د، تجارت آب مجازی

مفهوم "آب مجازی" اولین بار توسط تونی الان در اوایل دهه نود معرفی شده‌است. بنا به تعریف تونی آلن، آب مجازی، آبی است که یک کالا و یک فرآورده کشاورزی طی فرآیند تولید مصرف می‌کند تا به مرحله تکامل برسد و مقدار آن برابر جمع کل آب

مصرفی مختلف زنجیره تولید از آغاز تا پایان محصولات زراعی یا صنعتی است (آلن[1]،۱۹۹۳). از نظر گراهام، تجارت آب مجازی مقدار آبی است که در تولید محصولات کشاورزی مصرف می‌شود و سپس، در بین مناطق با تنش‌های آبی متفاوت معامله می‌گردد (گراهام[2] و همکاران، ۲۰۲۰). یکی از اقدامات دولت جهت مقابله با خشک‌سالی می‌تواند حکمرانی کشت‌های برون مرزی باشد. ایران می‌تواند از طریق برقراری دیپلماسی قوی با کشورهایی که پتانسیل کشت محصولات مورد نیاز ایران، به‌ویژه محصولات استراتژیکی مانند گندم را دارند، تجهیزات لازم ارائه نماید و آن کشورها هم از مزایای کشت برون مرزی بهره‌مند شوند. تجارت آب مجازی، یکی از راه‌های مقابله با بحران آبی کشورهای کم‌آب است. تجارت آب مجازی به‌معنای تولید محصولات با نیاز آبی کم، و واردات محصولات با نیاز آبی بالا است. در این خصوص دو شیوه می‌تواند مدنظر قرار گیرد:

الف، واردات کالاهای آب‌بر؛ و

ب، تولید این کالاها در نواحی پرآب با سرمایه‌گذاری مشترک کشورهای کم‌آب (آقالو[3]، ۲۰۱۶).

امروزه سرمایه‌گذاران به‌دلیل قیمت‌های جهانی مواد غذایی که روبه‌رشد است، مشتاق سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی بوده و به‌دنبال فرصت‌های سرمایه‌گذاری در کشورهای در حال توسعه به‌ویژه در کشورهایی که منابع طبیعی فراوانی دارند، هستند. از ۷۵۴ پروژه سرمایه‌گذاری خارجی درباره زمین کشاورزی حدود ۵۶.۲ میلیون هکتار در آفریقا، ۱۷.۷ میلیون هکتار در آسیا و هفت میلیون هکتار در آمریکای لاتین است. در جریان ورودی سرمایه‌گذاری به کشور ترکیه، بیشترین سهم مربوط به کشورهای هلند، اتریش، آمریکا، بلژیک، انگلستان، فرانسه، لوکزامبورگ و آلمان با ۶۶ سهم است. بیشترین سهم در میان این هشت کشور متعلق به هلند با ۴۹ درصد، انگلستان با ۲۶.۲ درصد، فرانسه با ۹ درصد، ایالات متحده آمریکا با هفت درصد و ۸،۷ درصد سهم متعلق به چهار کشور، اتریش، بلژیک، لوکزامبورگ و آلمان است (عمادی و پاسبان،۱۳۹۶). این نوع کشت می‌تواند چند مزیت داشته‌باشد:

نخست، کسب وکارهای پررونقی برای متخصصان و سرمایه گذارانی ایجاد می‌شود که در داخل، به‌دلایل مختلف امکان بروز استعدادهای خود را نداشتند و به‌دلیل کمبود امکانات در مضیقه بودند؛ و دوم، مزیت ایجاد شده مربوط به بحث تأمین امنیت غذایی است. به‌عبارت دیگر، کمبود محصولی مانند گندم که بازار آن معمولاً با افت و خیزهای فراوانی در داخل کشور همراه است، می‌تواند از طریق کشت برون مرزی تأمین و بدون پرداخت عوارض گمرکی، وارد کشور شود (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۳۸-۲۵۴).

یکی از خلأهای معرفتی بسیار تعیین کننده بر سر راه توسعه یابی ایران، پیچیدگی‌های مواجهه با مسأله دنیای خارج از مرزهای ملی، در عصر انقلاب اطلاعات و ارتباطات، جهانی شدن و شتاب تاریخ است. مسئله جهانی شدن اقتصاد و انفجار اطلاعات، یکی از اصول موضوعه دولت توسعه‌گرا یعنی امکان پذیری اعمال انحصاری حق حاکمیت ملی به چالش کشیده شده‌است. بسیاری از کشورهای جهان پس از تجربه جنگ‌های جهانی دریافته‌اند که لازم است آگاهانه و داوطلبانه از بخش‌هایی از حق حاکمیت ملی خود صرفنظر کرده تا بدان وسیله اصطکاک‌های درون مرزی و برون مرزی به‌حد اقل برسد. اما اگر رابطه میان دو کشور بر مبنای قدرت چانه زنی همتراز نباشد، خطر سلطه گری و سلطه پذیری یا وابستگی را پدیدار می‌کند (لیو، ۱۴۰۲: ۳۰-۳۱).

به اعتبار جایگاه استراتژیک و ژئواستراتژیک ویژه ایران از ربع پایانی قرن هیجدهم تا امروز همیشه یکی از دغدغه‌های ذهنی و عملی نخبگان کشور مسئله نحوه تعامل با کشورهای خارجی بوده است. یعنی معمولاً هیچ انسان خردورزی در باره اصل ضرورت و اهمیت تعامل با دنیای خارج بحث و تردیدی مطرح نمی‌کند بلکه اما و اگرها عموماً در باره چگونگی تعامل است. در این زمینه "فوکوتساوایوکی شیء" از استراتژیست های ژاپن عصر میجی، ژاپن را به مثابه یک خانه و عوامل خارجی را به‌عنوان عناصر برون

[1] Allan
[2] Graham
[3] Aghalo

زایی همچون تغییرات آب و هوایی و شوک‌هایی مانند سیل و زلزله تشبیه می‌کند که رفتارهایشان خارج از اختیار و اراده اهل خانه است و معیار عقلانیت اهل خانه را تلاش در جهت ایجاد خانه‌ای مستحکم و پابرجا به مثابه تنها راه نجات معرفی کرده و ذهن را بر روی ساز و کارها و ابزارهای استحکام بخشی به خانه معطوف می‌سازد (نورث و دیگران،۱۳۹۹: ۴۹–۵۳). این استراتژی تا امروز امنیت اقتصادی ژاپن را حفظ کرده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به واقعیت‌های چشم‌انداز آب و خاک ایران، چنین نتیجه گرفته‌می‌شود که امید به خودکفایی در درازمدت، یک تصور دور از ذهن است. به‌جای خودکفایی، سیاست‌گذاران باید هدف اصلی خود را تضمین امنیت غذایی کشور قرار دهند که می‌تواند ضمن بهره برداری بهینه از منابع آب و خاک، با تقویت سایر بخش‌های اقتصاد و امکان واردات بیشتر مواد غذایی به آن دست یابد. زیرا در جهان کنونی، برخورداری از دانش ضمنی، اساس رقابت‌پذیری و دلیل توفیق کشورهاست. تکیه به سرمایه فیزیکی برای رشد اقتصادی پایدار به نتیجه مطلوب منجر نخواهد شد بلکه لازم است به آموزش سرمایه انسانی و اقتصاد دانش‌محور تکیه کرد (مؤمنی، نجفی، ۱۴۰۰: ۷۶–۸۳). کل مواد غذایی مورد نیاز کشور(۴۶ میلیارد دلار روی‌هم‌رفته و ۱۸ میلیارد دلار واردات سالیانه)، به‌هیچ‌وجه با زیان ناشی تنزل آب‌های سطحی و زیرزمینی در ابعاد مختلف قابل مقایسه نخواهد بود.

منابع

تقی زاده خامسی، قاسم. (۱۴۰۲). نود درصد آب کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، معاون آب و آبفا وزارت نیرو، خبر آنلاین، ۳ مهر ۱۴۰۲.

دهقانی، سارا، بنی حبیب، محمد ابراهیم و گلاب، محمد رضا. (۱۳۹۸). حکمرانی آب در ایران: چالش‌ها و راهکارها، *مهندسی آب*، ۷(۴)، ۲۳۸–۲۵۴. https://sanad.iau.ir/journal/jwe/Article/675677?jid=675677

سازمان برنامه و بودجه. (۱۳۹۷)، *بحران آب و امکان سنجی اتصال پهنه‌های آبی، شمال و جنوب کشور*، سازمان برنامه و بودجه، چاپ هفتم.

سالاری بردسیری، مریم، مهرابی بشرآبادی، حسین، زارع مهرجردی، محمد رضا، امیر تیموری، سمیه و میرزائی خلیل‌آبادی، حمیدرضا. (۱۴۰۱). بررسی ارتباط بین امنیت آب و بعد کمی امنیت غذایی در پهنه‌های مختلف اقلیمی ایران، تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۵۳(۲)، ۴۹۹–۵۱۴. https://doi.org/10.22059/ijaedr.2022.330430.669083

سالنامه‌های آماری سالانه ایران، مرکز آمار ایران، ۱۳۶۸ – ۱۳۹۵.

عمادی، محمد حسین و پاسبان، فاطمه. (۱۳۹۶). سرمایه‌گذاری خارجی در بخش کشاورزی و طرح پیشنهادی برای ایران، ایانا، یک شنبه ۹ مهر ۱۴۰۲، http://www.iana.ir

لیو، هونگ. (۱۴۰۲). *اقتصاد سیاسی حکمرانی فراملی*، ترجمه علیرضا گرشاسبی و سمیه نعمت الهی، تهران، نشر نهادگرا.

مهدی آبادی، منیژه. (۱۳۹۳). سدسازی و عوارض زیست‌محیطی آن، *دومین کنفرانس ملی مخاطرات محیط‌زیست زاگرس*.تهران. https://civilica.com/doc/373201

مؤمنی، فرشاد، نجفی، سیدمحمدباقر. (۱۴۰۰). *اقتصاد دانش‌بنیان*، تهران، انتشارات سمت.

نورث، داگلاس، عجم اغلو، دارون، رودریک، دنی و فوکویاما، فرانسیس. (۱۳۹۹). *مرزهای دانش توسعه*، مؤلف و مترجم: فرشاد مؤمنی، تهران، نشر نهادگرا.

وزارت کشاورزی ایران. (۱۳۹۲–۱۳۹۵) آمار سالانه کشاورزی، جلد ۱–۳.

Aghalo, N. (2016). Iran and the category of virtual water to be reviewed, https://www.forsatnet.ir/

Allan, J.A., (1993). Priorities for water resources allocation and management. Fortunately, there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible, ODA, London.

Clapp J. (2015). Food self-sufficiency and international trade: a false dichotomy, Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.

Dehghani, S., Bani Habib, M. E., & Golab, M. R. (2019). Water governance in Iran: Challenges and solutions. Water Engineering, 7(4), 238-254. https://sanad.iau.ir/journal/jwe/Article/675677?jid=675677 [In Persian]

Emadi, M. H., & Pasban, F. (2017). Foreign investment in the agricultural sector and a proposed plan for Iran. IANA, October 1, 2023. http://www.iana.ir [In Persian]

Food and Agriculture Organization of United Nations, 2017.

Gleick. P. H. (2013). Water, drought, climate change, and conflict in Syria, *weather, climate and society*. 6, 331-340.

Graham, N.T., Hejazi, M.I., Kim, S.H., Davies, E.G., Edmonds, J.A. & Miralles-Wilhelm, F., (2020): Future changes in the trading of virtual water, Nature Communications, 11(1), 1-7.

Liu, H. (2023). The political economy of transnational governance (A. Garshasbi & S. Nematollahi, Trans.). Tehran: Nadegara Publishing [In Persian]

Mahdiyabadi, M. (2014). Dam construction and its environmental impacts. Second National Conference on Environmental Hazards of Zagros, Tehran. https://civilica.com/doc/373201 [In Persian]

Mesgaran M., Madani K., Hashemi H., Azadi P. (2016). Evaluation of Land and Precipitation for Agriculture in Iran, Working Paper 2, Stanford Iran 2040 Project, Stanford University, December 2016.

Mesgaran M.B., Azadi P. (2018). A National Adaptation Plan for Water Scarcity in Iran, Working Paper 6, Stanford Iran 2040 Project, Stanford University, August 2018.

Ministry of Agriculture of Iran. (2013-2016). Annual agricultural statistics, Volumes 1–3. [In Persian]

Moameni, F., & Najafi, S. M. B. (2021). Knowledge-based economy. Tehran: Samt Publications .[In Persian]

North, D., Acemoglu, D., Rodrik, D., & Fukuyama, F. (2020). The borders of development knowledge (F. Moameni, Ed. & Trans.). Tehran: Nadegara Publishing. [In Persian]

Organization of Planning and Budget. (2018). Water crisis and feasibility of connecting water bodies in the north and south of the country. Organization of Planning and Budget, 7th edition .[In Persian]

Perry C. (2012). Inquiry into Water Use Efficiency in Australian Agriculture, Water Conservation Technical Briefs, Submission 47, June 2012.

Perry C. (2017). Does Improved Irrigation Technology Save Water? A Review of the Evidence.

Roudi F., Azadi P., Mesgaran M. (2017). Iran's Population Dynamics and Demographic Window of Opportunity, Working Paper 4, Stanford Iran 2040 Project, Stanford University.

Ruane A.C., Goldberg R., and Chryssanthacopoulos J. (2015). AgMIP Climate Forcing Datasets for Agricultural Modeling: Merged products for Gap-filling and Historical Climate Series Estimation, Agricultural and Forest Meteorology: 200.

Salari Bordesiri, M., Mehrabi Basharabi, H., Zare Mehrjardi, M. R., Amir Timouri, S., & Mirzaei Khalil Abadi, H. R. (2022). Investigating the relationship between water security and the quantitative dimension of food security in various climatic regions of Iran. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 53(2), 499-514. https://doi.org/10.22059/ijaedr.2022.330430.669083[In Persian]

Soltani, A., Alimaghama, S. M., Nehbandania, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E., Vadez, V., van Loon, M. P., & van Ittersum, M. K. (2020). Future food self-sufficiency in Iran: A model-based analysis. *Global Food Security*, 24, 100351. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100351

Statistical Yearbooks of Iran, Statistical Center of Iran, 1989-2016[In Persian]

Taghizadeh Khamsi, G. (2023). Ninety percent of the country's water is consumed in the agricultural sector. Deputy of Water and Wastewater of the Ministry of Energy, Khabar Online, October 25, 2023. [In Persian]

United Nations. (2015). The Millennium Development Goals Report.

World Bank Commodities Price Forecast, The World Bank Group, released: April 24, 2018.