تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی /دوره۲۴/شماره/ ۹۳ /زمستان ۱۴۰۲/صفحه ۱۰۱ - ۱۱۷

نوع مقاله: یادداشت فنی

معرفی و تحلیل کلان روندهای مؤثر در آب، خاک و کشاورزی در جهان و ایران تا سال ۲۰۵۰

علیرضا اسمعیلی فلک[۱]، فریبرز عباسی[۲*]

[۱]کارشناس ارشد کشاورزی (علوم باغبانی) و مسئول امور بین‌الملل معاونت آب و خاک، وزارت جهاد کشاورزی
[۲*]استاد، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۲ **تاریخ پذیرش :** ۱۴۰۳/۰۴/۲۱

چکیده

جهان امروز واجد مشخصه‌های متفاوتی با گذشته است و صفاتی از جمله پیچیدگی‌ها، عدم قطعیت‌ها، میزان تغییرات شدید، انعطاف‌پذیری کم و اثرهای متقابل باعث سردرگمی در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها شده است. بخش کشاورزی نیز بعنوان تولید کنندهٔ عمده غذا از این قاعده مستثنی نیست و انتظار می‌رود تشدید عواملی مانند تغییرات اقلیمی، رقابت بر سر منابع تولید بخش کشاورزی (به خصوص آب و خاک)، تغییرات جمعیت، مهاجرت، فناوری‌ها و اقتصاد تا سال ۲۰۵۰، امنیت غذایی جمعیت ۹/۷ میلیارد نفری جهان را با چالش‌های جدی‌تری مواجه کند. به منظور شناخت و مدیریت بهتر این شرایط، استفاده از ابزار و روش‌های آینده‌پژوهی[۱] مبتنی بر بررسی کلان‌روندها[۲] به شدت در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. از آنجایی‌که ایران نیز در زمره کشورهای آسیب‌پذیر از تاثیر تغییرات اقلیمی و نیز دیگر عوامل محدود کنندهٔ بخش کشاورزی قرار دارد، زمینه‌سازی و ترغیب متخصصان دیگر زیربخش‌های کشاورزی برای آشنایی بیشتر با ابعاد آینده‌پژوهی و تلفیق آن با نیازهای آیندهٔ بخش مورد تاکید خواهد بود. به همین منظور در مطالعهٔ حاضر شش مورد از کلان‌روندهای جهانی مرتبط با آب، خاک و کشاورزی تا سال ۲۰۵۰ میلادی معرفی گردیده و ضمن بررسی و تجزیه و تحلیل پیش‌بینی روندها، جایگاه جمهوری اسلامی ایران نیز نسبت به جهان و دیگر کشورها مقایسه شده است. سرانجام با هدف احصاء راهکارهای آینده‌پژوهانه تغییرات اقلیمی، پیشنهاد شده است با همگرایی و تعامل سازنده، تدوین سند جامع ملی با رویکرد افزایش تاب‌آوری و سازگاری با تغییر اقلیم و کاهش منابع آب، به‌عنوان اولویت مهم مطرح و حمایت شود.

واژه‌های کلیدی: کلان‌روند، امنیت غذایی، تغییر اقلیم، منابع تولید

مقدمه

امنیت غذایی زیربنای اصلی امنیت اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی کشورهاست و به‌عنوان یکی از ارکان حکمرانی خوب و عادلانه از مهم‌ترین حقوق افراد و جامعه محسوب می‌شود. "فراهم بودن غذا"، "دسترسی به غذا"، "سلامت غذا" و "پایداری"، حلقه‌های به‌هم‌پیوستهٔ زنجیرهٔ امنیت غذایی به‌شمار می‌آیند و با توجه به اینکه منابع پایهٔ تولید (به ویژه آب و خاک) نقش حیاتی در تولید غذا و محصولات کشاورزی به‌عهده دارند، رویکرد حفاظت، مدیریت

1 Futures Studies
2 Megatrends

نگارنده مسئول: **Email:** fariborzabbasi@ymail.com
https://doi.org/ 10.22092/IDSER.2024.365754.1581

و بهره‌برداری بهینه از این منابع با در نظر گرفتن حقوق نسل‌های آینده، از اصول بنیادین توسعهٔ پایدار و ثبات امنیت غذایی کشورها قلمداد می‌شود.

طبق مطالعات و پیش‌بینی‌ها، تولید غذا و محصولات کشاورزی مورد نیاز جمعیت ۹/۷ میلیارد نفری جهان در سال ۲۰۵۰ باید ۵۰ درصد نسبت به سال ۲۰۲۰ افزایش یابد. حدود ۷۰ درصد از این افزایش مربوط به رشد جمعیت و ۳۰ درصد نیز مربوط به تغییر در رژیم غذایی و نیاز به کالری بیشتر در برخی کشورها به دلیل تغییرات درآمدی آنهاست (Alexandratos & Bruinsma, 2012). به همین ترتیب ۷۶ درصد این افزایش تولید باید در کشورهای در حال توسعه و ۲۴ درصد در کشورهای توسعه یافته محقق شود. با توجه به محدودیت‌ها و چالش‌های پیش‌رو در توسعهٔ افقی و افزایش سطح زیرکشت محصولات، و همچنین با تامل در تحولات دهه‌های اخیر و ظرفیت‌های موجود، به‌عنوان راهکار قابل اجرا پیشنهاد شده است ۸۰ درصد از نیاز غذای جدید ذکر شده باید از طریق راهبرد افزایش عملکرد در واحد سطح و بقیه از طریق راهبردهای کشت متراکم و توسعه سطح زیرکشت جدید، هر کدام با سهم ۱۰ درصد، تامین شود (Alexandratos & Bruinsma, 2012).

ازآنجایی‌که بخش کشاورزی در دهه‌های آتی به نحو قابل توجهی تحت تاثیر متغیرها و عوامل محدودکننده قرار خواهد گرفت، ضرورت دارد ابتدا با بهره‌گیری از ابزارها، روش‌های قابل اطمینان (از جمله آینده‌پژوهی)، سابقه و سیر تکاملی این عوامل به‌صورت دقیق بررسی و با در نظر گرفتن کلیهٔ جوانب، نقشهٔ راه منطقی و مبتنی بر داده‌ها و سناریوهای معتبر تهیه و به سیاستگذاران و دولتمردان ارائه شود.

آینده‌پژوهی تلاشی نظام‌مند و دانشی است فراتمدنی و فرارشته‌ای که می‌کوشد کم و کیف تغییرات یا عدم تغییرات کنونی و تاثیر آن را در به‌وجود آوردن واقعیت‌های آینده ترسیم کند و بر آن است تا منبع، الگوها و علل تغییر و ثبات را برای تقویت پیش‌بینی و ترسیم آینده‌های جایگزین تجزیه و تحلیل کند (Aghapoor & Pahlavan, 2007). روند، به‌طورکلی، نشان دهندهٔ تغییرات پیوسته و منظم داده‌ها در بستر زمان است و به طور معمول ترکیب چندین روند باعث ایجاد کلان‌روندها می‌شود که به عنوان فرایندهای دگرگونی بلندمدت با دامنه وسیع‌تر و تاثیرات ریشه‌ای‌تر مطرح هستند و نقش مهمی در بررسی‌های آینده‌پژوهی دارند (Mahmoudi, 2004).

شناخت تغییرات، بررسی و تحلیل روندها، ترسیم آینده‌های احتمالی و در نهایت برنامه‌ریزی در راستای دستیابی به آیندهٔ مطلوب و مورد توافق گام‌های اصلی آینده‌پژوهی هستند (Heidari, 2014). با توجه به حوزه‌های مختلف علمی و نیازها و ابزارهای در دسترس، روش‌های مختلفی برای آینده‌پژوهی تعریف شده که از مهم‌ترین آنها می‌توان به روش استنتاج محور[1] یا تحلیل روند (مبتنی بر انعکاس روندهای گذشته و حال به آینده)، روش دلفی[2] (مبتنی بر تکنیک پرسشنامه‌ای و ذهن‌انگیزی گروهی ساختار یافته)، روش پیش‌نمایی[3] (مبتنی بر الگوهای منطقی برآمده از گذشته)، روش سناریوسازی، روش مدل‌سازی و غیره اشاره کرد (Heidari, 2014) و (Aghapoor & Pahlavan, 2007).

کلان‌روندهایی که در بخش غذا و کشاورزی به‌صورت مستقیم و نامستقیم دخیل هستند شامل تغییرات جمعیتی، تغییرات اقتصادی، رشد شهرنشینی و مهاجرت، تغییرات حوزهٔ

[1] Trend Extrapolation
[2] Delphi
[3] Projection

فناوری، تغییرات اقلیمی و رقابت بر سر منابع تولید است (Kirova et al., 2019). هر چند مشکلات دیگری از جمله بالا بودن ضریب ضایعات و زائدات غذایی در تمام بخش‌های زنجیره ارزش محصولات کشاورزی و غذا (تامین، توزیع و مصرف)، بحران آلودگی در منابع آب، خاک و غذا، پایین بودن عملکرد (تولید در واحد سطح) و بهره‌وری نه چندان مطلوب در استفاده از منابع آب و خاک نیز قابل تامل هستند، ولی دو چالش عمده تغییرات اقلیمی و رقابت بر سر منابع تولید از موضوعات پیچیده‌ای است که با تاثیر معنادارتری زنگ خطر امنیت غذایی را در جوامع بشری به صدا درآورده است و ضرورت چاره‌اندیشی و تدبیر تمهیدات لازم را بیشتر تاکید کرده است (OECD[1], 2016). در این یادداشت فنی به منظور توصیف و آینده‌پژوهی عوامل موثر در بخش‌های آب، خاک و کشاورزی تا سال ۲۰۵۰، شش مورد از کلان‌روندهای مهم جهانی شناسایی شد و در هر یک از کلان‌روندها، وضعیت، چالش‌های محتمل و جایگاه ایران نسبت به جهان با استناد به آمار و اطلاعات منابع علمی و گزارش‌های رسمی بین‌المللی از جمله سازمان فائو، بانک جهانی و صندوق بین‌المللی پول مقایسه و ارزیابی گردید. در پایان نیز با توجه به تجربه‌ها، نتایج پیش‌بینی شده در روندهای مورد بررسی و رایزنی‌های صورت گرفته با متخصصان، پیشنهادها و راهکارهایی منطبق با شرایط کشور ارائه گردید.

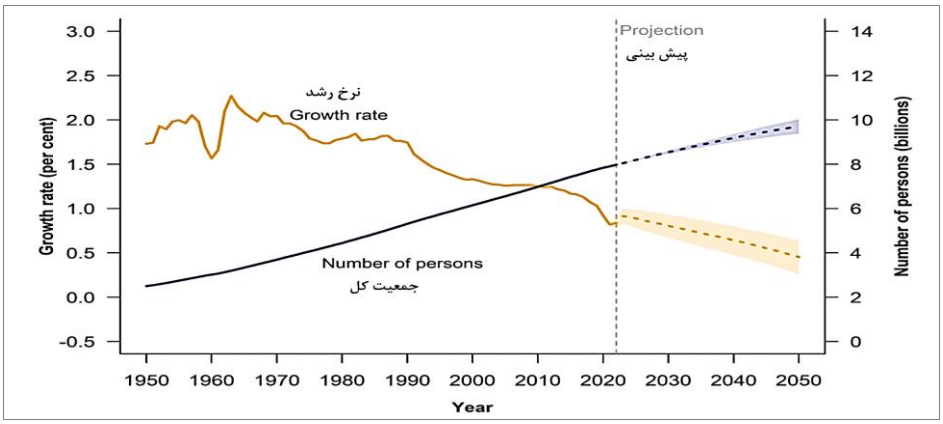
۱-تغییرات جمعیت

جمعیت جهان در ۱۵ نوامبر سال ۲۰۲۲ به ۸ میلیارد نفر رسید و کشور هند در سال ۲۰۲۳ با جمعیتی بالغ بر ۱/۴۲۸ میلیارد نفر با سبقت از چین به‌عنوان پرجمعیت‌ترین کشور جهان شناخته شد (UN Highlighted report, 2023). بر اساس پیش‌بینی‌ها، جمعیت جهان در سال ۲۰۳۰ به ۸/۵ میلیارد نفر و در سال ۲۰۵۰ به حدود ۹/۷ میلیارد نفر خواهد رسید. این درحالی است که رشد جهانی جمعیت که برای اولین بار بعد از سال ۱۹۵۰ به زیر یک درصد رسید، همچنان به روند کاهشی خود ادامه خواهد داد (شکل ۱). حدود ۹۷ درصد رشد جمعیت جهان در کشورهای درحال توسعه خواهد بود که پیش‌بینی می‌شود ۴۹ درصد از این مقدار متعلق به آفریقا و ۳۸ درصد متعلق به کمتر توسعه یافته‌ترین کشورها باشد (United Nations, 2022).

افراد با سن ۶۵ و بیشتر در سال ۲۰۲۲ حدود ۹/۷ درصد جمعیت جهان را شامل می‌شوند و این رقم در سال ۲۰۳۰ به ۱۱/۷ و در سال ۲۰۵۰ به ۱۶/۷ درصد خواهد رسید (United Nations, 2022). بررسی این مولفه از نظر وضعیت نیروی کارگری در بخش کشاورزی حائز اهمیت است. در سال ۲۰۰۰ ، کل جمعیت شاغل دنیا در بخش کشاورزی حدود یک میلیارد نفر (معادل ۴۰ درصد کل جمعیت شاغل دنیا) بود که بعنوان تهدید برای تمام کشورها، این رقم با کاهش متوسط ۱۳ درصد در سال ۲۰۲۲ به ۸۶۶ میلیون نفر (معادل ۲۷ درصد از کل جمعیت شاغل) رسیده است (FAO, 2022).

جمعیت ایران در آخرین سرشماری رسمی در سال ۱۳۹۵ حدود ۸۰ میلیون نفر شمارش شد. پیش‌بینی می‌شود در سال ۱۴۲۵ این جمعیت به حدود ۱۰۰ میلیون نفر افزایش یابد و بعد از این سال، میزان رشد جمعیت نیز با شیبی ملایم کاهشی خواهد شد. نسبت جمعیت بالای ۶۵ سال نیز در ایران در سال ۱۴۲۵ به بیش از دو برابر میزان کنونی و به حدود ۱۵/۴ درصد خواهد رسید که به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم در جمعیت‌شناختی مطرح است. شاخص نسبت جمعیت شهرنشین به کل جمعیت کشور در ایران مشابه روند افزایشی در جهـان است و از حـدود ۳۱ درصد در سـال ۱۳۳۵ به ۷۴

[1] Organization for Economic Co-operation and Development



شکل ۱- پیش‌بینی رشد کل جمعیت جهان و تغییرات شاخص میزان رشد جمعیت (UN, 2022. World Population Prospects)

Fig 1. Forecasting total population growth in the world and changes of population growth rate (UN, 2022. World Population Prospects)

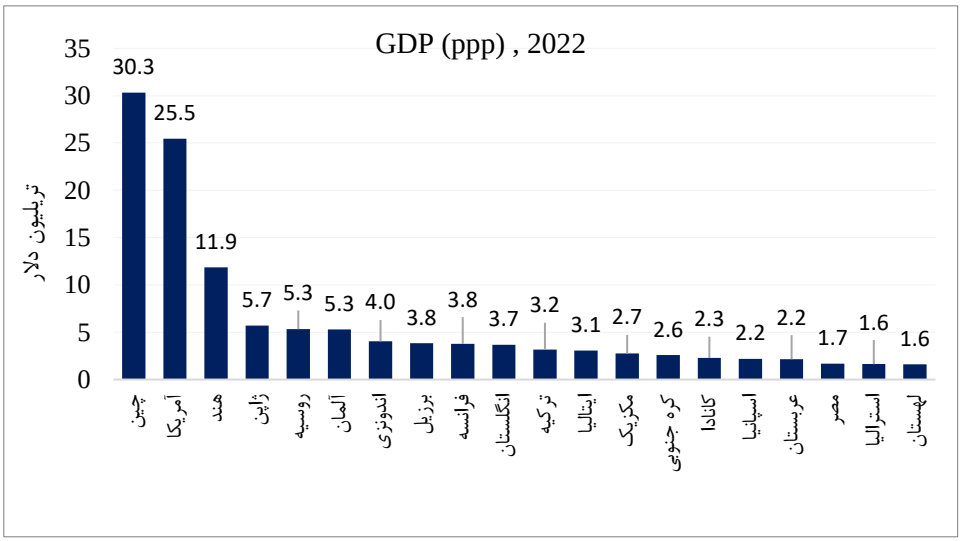
درصد در سال ۱۳۹۵ رسید و پیش‌بینی می‌شود این رقم در سال ۱۴۲۵ به حدود ۸۲ درصد برسد. (Fathi *et al*., 2019).

۲- تغییرات اقتصادی

بر اساس آمار صندوق بین‌المللی پول[1]، شاخص تولید ناخالص داخلی بر اساس برابری قدرت خرید (GDP PPP)[2] در ایران در سال ۲۰۲۲ برابر با ۱/۶ هزار میلیارد دلار (حدود یک درصد از کل در دنیا، ۱۶۴/۱۶ هزار میلیارد دلار و رتبه ۲۱) بوده و کشورهای چین، آمریکا و هند به‌ترتیب با ۳۰/۲۲، ۲۵/۴۶ و ۱۱/۸۶ هزار میلیارد دلار در رده‌های اول تا سوم دنیا قرار دارند. سهم کشورهای ترکیه و عربستان‌سعودی از این شاخص به‌ترتیب ۳/۳۵ و ۲/۱۵ هزار میلیارد دلار است و رتبه‌های ۱۱ و ۱۷ جهان را دارند (شکل ۲) (IMF, 2022). شاخص سرانۀ تولید ناخالص داخلی بر اساس برابری قدرت خرید (GDP per capita, PPP) نیز برای ایران در سال ۲۰۲۲ برابر با ۱۸/۸۵ هزار دلار و برای کشورهای ترکیه و عربستان به ترتیب ۳۹/۲۸، ۶۸/۷۳ هزار دلار بوده است.

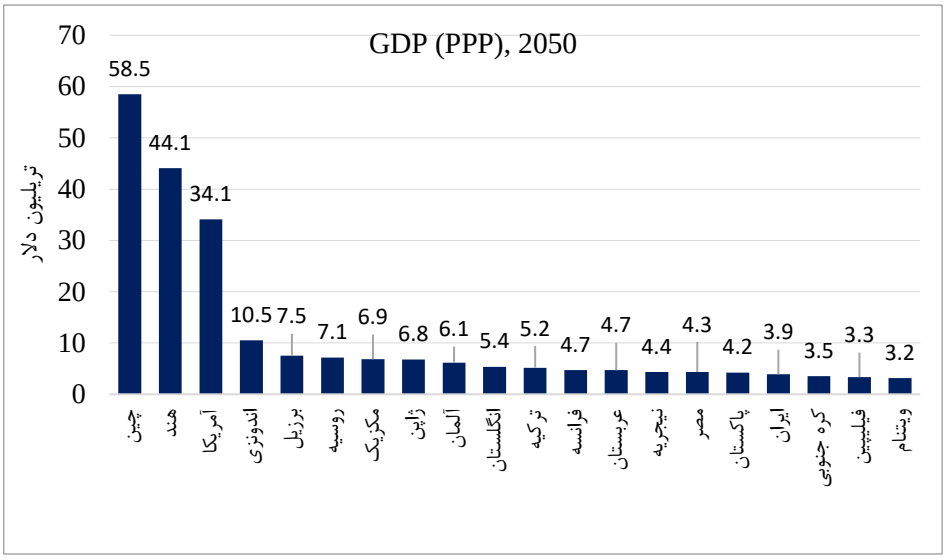
انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰، چین حدود ۲۰ درصد از تولید ناخالص داخلی جهان را بر مبنای برابری قدرت خرید سرانه در اختیار داشته باشد و هند با کسب رتبه دوم جهان جایگزین آمریکا شود. ایران نیز با چهار رتبه ارتقا نسبت به سال ۲۰۲۰ جایگاه هفدهم جهان را داشته باشد (شکل ۳) (IMF, 2022). سهم اتحادیه اروپا از تولید ناخالص داخلی جهان در سال ۲۰۵۰ به زیر ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. پیش‌بینی می‌شود که هفت اقتصاد نوظهور یا E7[3] تقریبا دو برابر سریع‌تر از اقتصادهای پیشرفته G7[4] رشد کنند که دلیل آن رشد منفی ۰/۳ درصد (به طور متوسط سالانه) جمعیت در سن کار اقتصادهای G7 تا ۲۰۵۰ است. بر همین اساس پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ تنها سه کشور چین، برزیل و هند از گروه E7 حدود ۴۰ درصد از GDP دنیا را به خود اختصاص دهند (Hawksworth *et al*., 2017).

[1] International Monetary Fund (IMF)
[2] Gross domestic product based on purchasing power parity, https://www.imf.org/external/datamapper/PPPGDP@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD
[3] Emerging countries (هفت کشور در حال ظهور شامل برزیل، هند، اندونزی، مکزیک، ترکیه، روسیه و چین)
[4] Group of Seven (هفت کشور صنعتی شامل آلمان، امریکا، فرانسه، انگلستان، ژاپن، ایتالیاو کانادا)



شکل ۲- بیست کشور برتر از نظر شاخص تولید ناخالص داخلی بر اساس برابری قدرت خرید در سال ۲۰۲۲ (International Monetary Fund)

Fig 2. Top twenty countries based on GDP purchasing power parity in 2022 (International Monetary Fund)



شکل ۳- بیست کشور برتر از نظر شاخص تولید ناخالص داخلی بر اساس برابری قدرت خرید در سال ۲۰۵۰ (International Monetary Fund)

Fig 3. Top twenty countries based on GDP purchasing power parity in 2050 (International Monetary Fund)

سهم بخش کشاورزی از GDP کل جهان در سال ۲۰۲۲ حدود ۴/۵ درصد و برای ایران برابر با ۱۲/۴ درصد بود. ارزش کل محصولات کشاورزی تولید شده در دنیا در سال ۲۰۲۱ بر اساس قیمت دلار بین‌المللی (سال پایه ۲۰۱۶) برابر با ۴/۱۲ تریلیون دلار اعلام شد و سهم تولیدات بخش کشاورزی ایران از این عدد برابر با ۳۴/۱ میلیارد دلار (معادل ۰/۸ درصد) بود. کشورهای چین، هند، آمریکا و برزیل (به‌ترتیب با ۹۶۲، ۴۸۳، ۳۸۳ و ۲۵۱ میلیارد دلار) مجموعا بیش از ۵۰ درصد ارزش کل محصولات کشاورزی دنیا را در سال ۲۰۲۱ داشته‌اند (FAOSTAT, 2022). بررسی کلان‌روندهای اقتصادی و

تغییرات سطح درآمدی مردم در کشورهای مختلف از این بابت مورد توجه است که با افزایش سرانهٔ درآمد، رژیم غذایی و میزان کالری مورد انتظار افراد تغییر پیدا می‌کند و رغبت به مهاجرت و تبدیل سبک زندگی از "تولیدکننده" در روستا به "مصرف‌کننده" در شهر افزایش می‌یابد.

۳- رشد شهرنشینی و مهاجرت

طبق آمار سازمان ملل، جمعیت ساکن در شهرهای دنیا در سال ۲۰۲۳ بالغ بر ۴/۶۵ میلیارد نفر بوده است (معادل ۵۷ درصد کل جمعیت جهان) و در ادامهٔ روند افزایشی نسبت جمعیت شهری به روستایی، این رقم به عدد ۶/۴۱ میلیارد نفر (معادل ۶۶ درصد) در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید (شکل ۴). در دو دههٔ آینده، تغییرات جمعیتی و انگیزه‌های اقتصادی به احتمال زیاد فشار زیادی برای مهاجرت افراد وارد می‌کنند. این مهاجرت‌ها عمدتاً از کشورهای آفریقایی به سمت کشورهای در حال توسعه یا کشورهای توسعه یافته با جمعیت پیر خواهد بود و مناقشات و درگیری‌های اقلیمی این روند را تشدید خواهد کرد (United Nations, 2022).

در ایران بر اساس آمار اولین سرشماری رسمی کشور در سال ۱۳۳۵ سهم جمعیت شهری و روستایی از کل ۱۹ میلیون نفر جمعیت آن سال به‌ترتیب ۳۱ و ۶۹ درصد بود و از کل جمعیت حدود ۸۰ میلیون نفری سرشماری سال ۱۳۹۵، تعداد جمعیت شهرنشین بیش از ۵۹ میلیون نفر (معادل ۷۳,۷ درصد) و تعداد جمعیت روستایی حدود ۲۱ میلیون نفر (معادل ۲۶,۳ درصد) بود. با بررسی روند تغییرات جمعیتی ۶۰ ساله (بین اولین و آخرین سرشماری رسمی)، افزایش حدود ۱۰ برابری جمعیت شهری مشاهده می‌شود. به‌این‌ترتیب و با توجه به پیش‌بینی جمعیت کشور در سال ۱۴۲۵، بیش از ۸۱,۵ میلیون نفر در نقاط شهری و ۱۸,۵ میلیون نفر نیز در نقاط روستایی سکونت خواهند داشت (Fathi *et al.*, 2019).

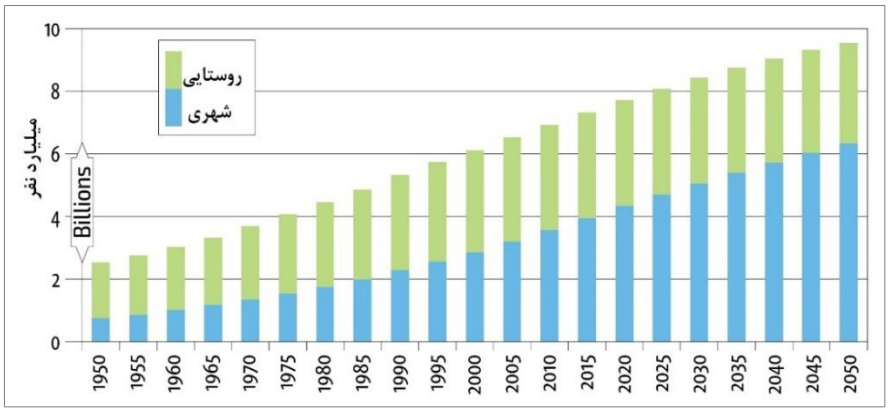
۴- تغییرات فناوری

رشد و توسعهٔ فناوری‌ها و علوم و فنون مختلف در دنیا، فارغ از مزایا و منافعی که در حوزه‌های گوناگون (تولید محصولات و خدمات جدید) می‌تواند داشته باشد، نگرانی‌ها و پیچیدگی-های خاصی را نیز در آینده به‌دنبال خواهد داشت. از مهم‌ترین نکات قابل تامل در بخش کشاورزی، جایگزینی اتوماسیون، فناوری‌های هوشمند و اینترنت اشیا با نیروی کار سنتی در کشاورزی و کاهش شدید سهم نیروی انسانی در این بخش است. البته شتاب در اکتشاف و تحولات مطلوب در حوزه‌های هوش مصنوعی، نانو و زیست‌فناوری کشاورزی (بیوتکنولوژی) می‌تواند نقطهٔ قوتی برای رفع بخشی از نگرانی‌های تامین غذای جمعیت رو به افزایش جهان محسوب گردد، ولی همچنان موضوعات غیرقابل اغماض و ابعاد ناشناخته زیادی وجود خواهد داشت (Kirova *et al.*, 2019).

۵ - تغییرات اقلیمی

گرمایش جهانی[1] در نتیجه فعالیت‌های بشر و افزایش میزان گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه دی‌اکسیدکربن، در اتمسفر زمین اتفاق افتاده است. بر اساس آمار، از سال ۱۹۰۰ تا ۱۹۴۰ میلادی دمای کره زمین روند افزایشی داشته است. پس از آن از سال ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰ دمای زمین روند کاهشی پیدا کرد و از سال ۱۹۷۰ تاکنون روند افزایش دما ادامه دارد. از سال ۱۹۵۰ میلادی تاکنون دمای متوسط سالانه حدود یک درجه سیلسیوس افزایش یافته است. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ حدود ۱/۵ تا ۳ درجه سیلسیوس نیز افزایش یابد (شکل ۵) که این میزان در مناطق مختلف کره زمین متفاوت

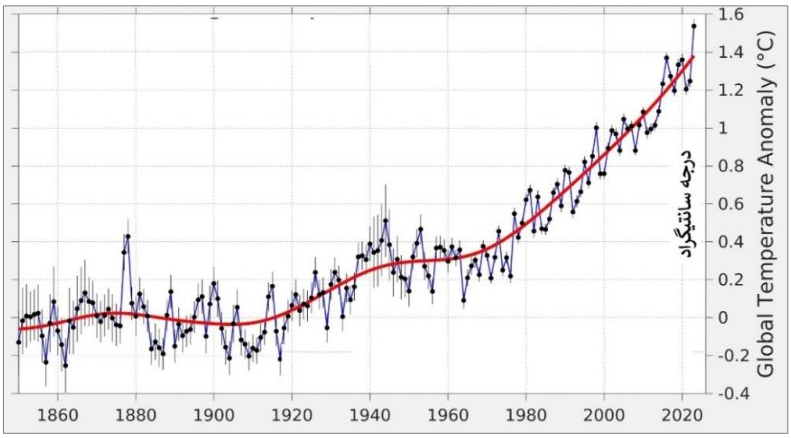
[1] Global Warming



شکل ۴- تغییرات نسبت جمعیت روستایی و شهری در جهان (United Nations, 2022)

Fig 4. Changes in the global ratio of rural and urban population (United Nations, 2022)

است (IPCC, 2018). از طرف دیگر، افزایش هر یک درجه سیلسیوس دمای متوسط سالانه به‌صورت کلی باعث کاهش عملکرد محصولات به مقادیر مختلف می‌شود که این ارقام برای گندم ۶/۵ درصد، برنج ۳/۲ درصد، ذرت ۷/۶ درصد و سویا ۳/۴ درصد گزارش شده است (Zhao *et al.*, 2017). پدیدهٔ تغییر اقلیم[1] نیز به‌عنوان پیامد اصلی گرمایش جهانی و یک واقعیت ناخوشایند به‌ویژه در سیستم‌های آسیب‌پذیر مثل بخش کشاورزی مطرح است و تاثیرات منفی با ابعاد پیچیده‌ای را در این بخش موجب می‌شود. از مهم‌ترین آثار این رخداد می‌توان به کاهش منابع آب (به دلیل افزایش تبخیر) و اختلال در چرخهٔ هیدرولوژیکی آب، کاهش و تغییر در الگوی بارش‌ها (زمان و مکان)، شور و قلیا شدن منابع آب و خاک، اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان، تشدید استرس‌های دمایی، خشکسالی و سیل، کاهش مادهٔ آلی و حاصلخیزی خاک و تشدید فرسایش خاک، تاثیر منفی در تنوع زیستی خاک، افزایش رشد علف‌های هرز و شیوع بیماری‌ها و آفات اشاره کرد (Liyin & Lorenzo, 2023).



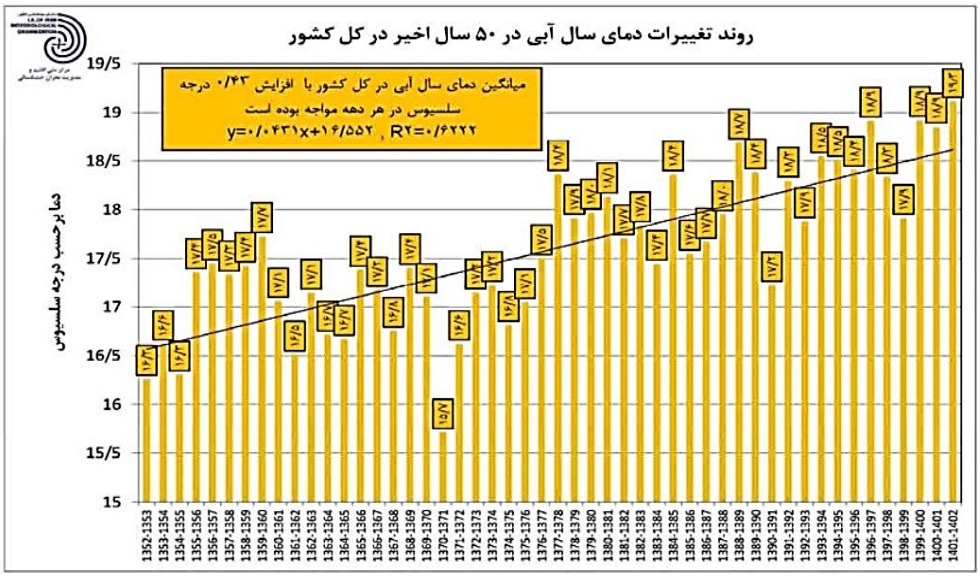
شکل ۵- روند افزایش متوسط دمای جهانی از سال ۱۸۵۰ تا ۲۰۲۳ (IPCC, 2018)

Fig 5. Increasing trend of g lobal average temperature from 1850 to 2023 (IPCC, 2018)

[1] Climate Change

هر چند راه‌حل قطعی و حصول نتیجهٔ فوری در مقابله با این پدیده متصور نیست، ولی اجماع فزاینده‌ای در میان کارشناسان وجود دارد که توجه به راهبردهای "سازگاری[1]" در کنار راهبردهای "کاهش اثرها[2]" برای مقابله با چالش‌های گرمایش جهانی ضروری هستند. بر همین اساس گام‌هایی مانند توسعهٔ روش‌های استحصال آب باران، بهبود راندمان آبیاری، احیای اکوسیستم‌های تخریب شده، مدیریت پایدار خاک و کشاورزی حفاظتی، ایجاد تنوع و بهینه‌سازی الگوی کشت در راهبرد سازگاری قرار می‌گیرند و رویکردهایی مانند توسعهٔ انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، ترسیب کربن، جنگل‌کاری، کشاورزی پایدار، مدیریت ضایعات، و قیمت‌گذاری کربن در بخش کاهش اثرها تعریف می‌شوند (Wang *et al*., 2023).

بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانهٔ ۵۰ سال اخیر در ایران (شکل ۶) نشان می‌دهد که به‌صورت میانگین هر دهه ۰/۴۳ درجه سلسیوس افزایش دما اتفاق افتاده است (IRIMO, 2023). پیش‌بینی‌ها همچنین نشان می‌دهند افزایش دمای متوسط سالانه برای ایران تا سال ۲۰۵۰ حدود ۱/۴۷ درجه سلسیوس خواهد بود (World Bank, 2023).

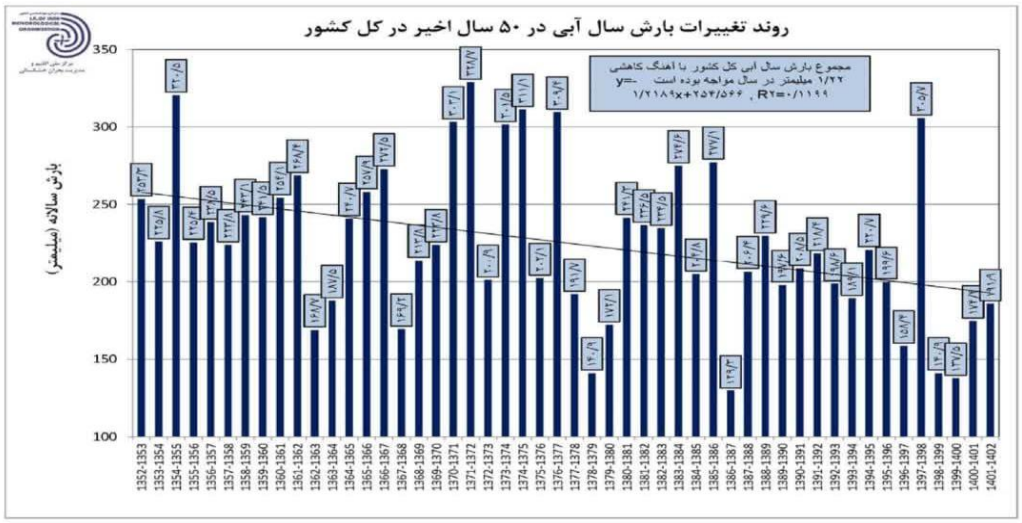


شکل ۶- روند تغییرات متوسط دمای سالانه در ۵۰ سال اخیر ایران (IRIMO, 2023)

Fig 6. Changes of annual average temperature over the past 50 years of Iran (IRIMO, 2023)

بررسی آمار و روند تغییرات میزان بارندگی جهان نشان می‌دهد که متوسط بارندگی در جهان حدود ۹۹۰ میلی‌متر در سال است و تغییرات آن از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۱ نسبت به متوسط بارندگی یک قرن گذشته ناچیز بوده است. ولی غیریکنواختی بارندگی‌ها از نظر زمانی و مکانی، به‌ویژه در دهه‌های اخیر، باعث بروز مشکلاتی مانند کم‌آبی و سیل در برخی نقاط جهان می‌شود (Van Dijk *et al*., 2023). بررسی تغییرات بارندگی متوسط سالانه ۵۰ سال اخیر در ایران (شکل ۷) نشان می‌دهد که به‌صورت میانگین هر سال ۱/۲۲ میلی‌متر کاهش بارندگی وجود داشته است (IRIMO, 2023).

[1] Adaptation
[2] Mitigation



شکل ۷- روند تغییرات متوسط بارندگی سالانه در ۵۰ سال اخیر ایران (IRIMO, 2023)

Fig 7. Changes of annual average precipitation over the past 50 years of Iran (IRIMO, 2023)

تعداد بلایای طبیعی دنیا از متوسط ۵۶ رخداد در دهۀ ۱۹۶۰ به متوسط ۳۶۳ رخداد در دهۀ ۲۰۲۲-۲۰۱۲ و تعداد کشورهای درگیر با بلایای طبیعی نیز از شش کشور در سال ۱۹۶۰ به بیش از ۵۰ کشور در سال ۲۰۲۲ رسیده است. در قرن گذشته به‌طور متوسط ۳۹ درصد رخدادها سیل، ۳۱ درصد طوفان و بقیه مربوط به سایر رخدادهای طبیعی بوده است. در سال ۲۰۲۲ تعداد ۴۴۰ مورد رخداد طبیعی در دنیا اتفاق افتاد و ۸۴ درصد از این رخدادها مربوط به مسایل اقلیمی و عمدتا سیل، طوفان و خشکسالی بود (ADRC[1], 2022). پیامدهای ناخوشایند تغییر اقلیم در ایران نیز به لحاظ موقعیت جغرافیایی و قرار گرفتن این کشور در ناحیه خشک و نیمه‌خشک جهان، به شدت در حال توسعه است. تا سال ۲۰۵۰ ، حدود ۶۰ درصد جمعیت دنیا با مشکلات ناشی از آب مواجه خواهند بود و به دلیل وقوع رخدادهای طبیعی ناشی از تغییرات اقلیمی در برخی از کشورهای آفریقایی، عملکرد محصول (تولید در واحد سطح) بیش از ۵۰ درصد کاهش خواهد داشت (FAO, 2023). شوری خاک نیز علاوه بر مشکلات زیست محیطی موجب تخریب و افزایش میزان فرسایش می‌شود و از مهم‌ترین علل افت کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی است که در دهه‌های اخیر در بسیاری از نقاط دنیا از جمله ایران تشدید شده است و تداوم این روند در آینده می‌تواند امنیت غذایی کشور را تهدید کند (Afsharinia & Panahi, 2021).

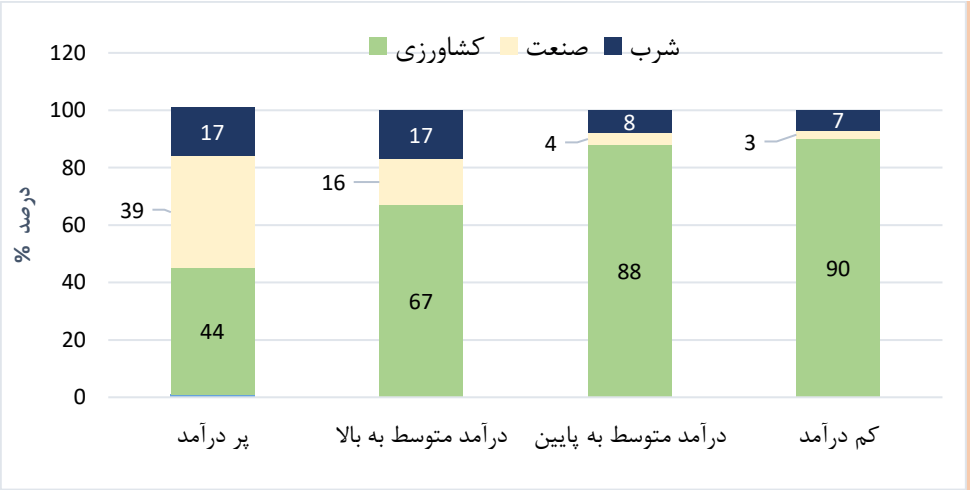
۶- رقابت بر سر منابع تولید

منابع آب

کل مقدار آب برداشتی از منابع تجدیدپذیر (سطحی و زیرزمینی) در دنیا معادل ۳۸۶۴ میلیارد مترمکعب در سال است (FAO, 2020) و کشورهای هند، چین، آمریکا، اندونزی، پاکستان و ایران (به‌ترتیب ۶۴۸، ۵۶۹، ۴۴۵، ۲۲۳، ۱۹۰ و ۹۳ میلیارد مترمکعب در سال) در مجموع بیش از ۵۵ درصد این مقدار را به خود اختصاص داده‌اند. سهم بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب از کل آب برداشتی در دنیا به‌ترتیب ۲۷۶۲، ۶۰۵ و ۴۹۷ میلیارد مترمکعب در سال (معادل ۷۱، ۱۶ و ۱۳ درصد) بوده است. بر اساس گروه‌بندی کشورها از نظر سطح درآمد، سهم آب مصرفی در بخش کشاورزی شامل طیف

[1]Asian Disaster Reduction Center

وسیعی است (شکل ۸) که بطور متوسط از ۴۴ درصد در کشورهای پردرآمد (اتحادیه اروپا ۳۰ درصد و آلمان و اتریش ۱/۵ درصد) تا ۹۰ درصد در کشورهای کم‌درآمد (سومالی و افغانستان بیش از ۹۸ درصد) متغیر است (World Bank, 2020).



شکل ۸- سهم بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب از کل آب برداشتی در گروه‌های درآمدی کشورها در سال ۲۰۲۰ (World Bank, 2020)

Fig 8. Share of Agriculture, Industry and Municipal sectors of total water withdrawal in income group countries (World Bank, 2020)

در ایران، میزان کل آب تجدیدپذیر سالانه با تاثیر از شرایط و محدودیت‌های ذکر شده روند کاهشی داشته‌است و این عدد در سال ۱۴۰۰ حدود ۱۰۳ میلیارد متر مکعب برآورد گردید. نکتهٔ قابل توجه این است که سهم منابع آب سطحی مرتب در حال کاهش است و فشار بر منابع آب زیرزمینی را تشدید کرده است. طبق همین آمار، میزان کل برداشت آب در ایران در سال ۱۴۰۰ معادل ۹۴/۴ میلیارد مترمکعب[۱] بود که ۸۲ میلیارد مترمکعب آب در بخش کشاورزی[۲] استفاده شده است. از این مقدار حدود ۴۳/۸ میلیارد مترمکعب از منابع آب زیرزمینی و تنها ۳۸/۲ میلیارد مترمکعب از منابع آب سطحی تامین شده است (IWRMC[۳], 2021). تنش آبی[۴] یکی از شاخص‌های ارزیابی و با مفهوم درصد مقدار آب برداشتی از منابع آب تجدیدپذیر مطرح است که به‌طور متوسط در جهان حدود ۱۸ درصد، در اروپا حدود ۸/۳ درصد و در کشورهای شرق تا غرب آسیا از ۴۵ تا ۷۰ درصد متغیر است و این در حالی است که در کشورهای شمال آفریقا این شاخص بیش از ۱۰۰ درصد است (FAO, 2021). این شاخص در ایران حدود ۹۰ درصد بوده و بر این اساس در مرحله کمبود شدید منابع فیزیکی آب و بحران شدید آبی قرار دارد (IWRMC, 2021). سرانهٔ سالانه قابل دسترس از منابع آب تجدیدپذیر در جهان از ۱۳۶۳۲ مترمکعب در سال ۱۹۶۱ به حدود ۵۵۰۰ مترمکعب در سال ۲۰۲۰ رسیده است (World Bank, 2021). این عدد برای ایران از حدود ۶۵۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۳۵ به حدود ۱۲۹۴ مترمکعب در سال ۱۳۹۵ رسید و پیش‌بینی

[۱] با توجه به برداشت بیش از ۹۰ درصد از کل آب تجدیدپذیر و بر اساس شاخص‌های بین‌المللی، ایران جزو کشورهایی است که در مرحله کمبود شدید فیزیکی منابع آب و بحران شدید آبی قرار دارد.

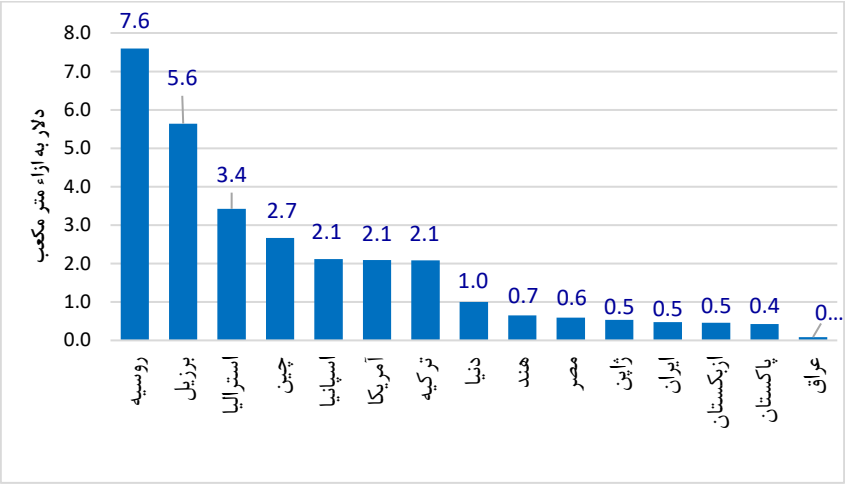
[۲] آمار ذکر شده مربوط به شرکت مدیریت منابع آب ایران است و بر اساس اندازه‌گیری‌های میدانی توسط وزارت جهاد کشاورزی حدود ۷۱ میلیارد مترمکعب برآورد شده است. (Abbasi *et al.*, 2023).

[3] Iran Water Resource Management Company

[4] Water Stress

می‌شود تا سال ۱۴۲۰ به کمتر از ۱۰۲۰ مترمکعب برسد. در خصوص منابع آب استراتژیک زیرزمینی نیز که نقش مهمی در تأمین آب کشور برعهده دارد، در حال حاضر از ۶۰۹ محدودهٔ مطالعاتی کشور، تنها ۱۹۹ محدوده آزاد است و ۴۱۰ محدودهٔ دیگر ممنوعه و بحرانی هستند (۴۷ درصد در شرایط بحرانی و ۲۲ درصد در شرایط ممنوعهٔ بحرانی) که البته برخی از محدوده‌های آزاد نیز فاقد پتانسیل قابل توجه هستند (IWRMC, 2021).

بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی نیز از دو دیدگاه فیزیکی و اقتصادی قابل ارزیابی است. شاخص فیزیکی بهره‌وری آب در ایران بر اساس گزارش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی برابر با ۱/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب است و شاخص اقتصادی نیز با توجه به مقایسه و بررسی آمار مصرف آب و ارزش اقتصادی کل محصولات کشاورزی کشورها (FAO, 2022)، برای ایران ۰/۵ دلار به ازای هر مترمکعب آب محاسبه گردید (شکل ۹).



شکل ۹- مقایسه شاخص بهره‌وری اقتصادی آب کشاورزی در کشورهای منتخب (FAO, 2022)

Fig 9. Comparison of the agricultural water economic efficiency index in selected countries (FAO, 2022)

حدود ۵۲ درصد از زمین‌های آبی در جهان با منابع آب محدود و ناپایدار مواجه روبرو هستند (Lorenzo *et al.*, 2019) که در کشورهای مختلف بر اساس شرایط متنوع است و مقادیر مذکور در ایران برای زمین‌های آبی بیش از ۷۵ درصد و برای زمین‌های دیم حدود ۲۵ درصد گزارش شده است (FAO, 2020).

از کل ۳۴۱ میلیون هکتار زمین آبی دنیا، کشورهای چین، هند و آمریکا به‌ترتیب با ۷۵/۲، ۷۰/۴ و ۲۶/۹ میلیون هکتار در صدر رتبه‌بندی دنیا قرار دارند و این سه کشور مجموعا بیش از نیمی از مساحت زمین‌های آبی دنیا را دارند.

از این مقدار حدود ۱۶ درصد به سامانه‌های نوین آبیاری (بارانی و موضعی) مجهز هستند و همچنان بیش از ۸۴ درصد از این زمین‌ها به‌صورت سنتی و سطحی آبیاری می‌شوند که نشان دهنده وجود ظرفیت‌های مطلوبی برای تجهیز آن‌ها به سامانه‌های نوین آبیاری و افزایش راندمان و ارتقای بهره‌وری آب در اغلب کشورهاست (FAO, 2021).

زمین‌های کشاورزی و منابع خاک

کل زمین‌های زیرکشت[1] دنیا حدود ۱/۵۵ میلیارد هکتار است که ۱/۳۸ میلیارد هکتار آن، معادل ۸۹ درصد، به

[1] Croplands

محصولات سالانه[1] یا زراعی و حدود ۱۷۰ میلیون هکتار معادل ۱۱ درصد به محصولات دائمی[2] اختصاص دارد (FAOSTAT, 2022). سطح زیرکشت محصولات کشاورزی در ایران در مجموع حدود ۱۵/۵ میلیون هکتار است که سهم محصولات زراعی (سالانه) و باغی (دائمی) به‌ترتیب ۱۲/۵ و ۲/۹ میلیون هکتار است (Ministry of Agriculture-Jahad,. (2023a)). نزدیک به ۲۱ درصد زمین‌های زیرکشت زراعی و باغی دنیا آبی است و مساحتی بالغ بر ۳۴۱ میلیون هکتار را شامل می‌شود و از این مقدار زمین ۴۰ درصد کالری غذایی مورد نیاز جمعیت دنیا تامین می‌شود (معادل ۳/۳ میلیارد نفر). هفتاد و نه درصد سطح زیرکشت محصولات باقیمانده مربوط به کشت‌های دیم است و حدود ۶۰ درصد از کالری غذایی مورد نیاز دنیا در این نوع اراضی تولید می‌شود (معادل ۴/۸ میلیارد نفر). در ایران، ۹/۱ میلیون هکتار زمین آبی وجود دارد که سهم زمین‌های آبی زراعی و باغی به‌ترتیب ۶/۴ و ۲/۶ میلیون هکتار است. تولید بیش از ۹۳ درصد از محصولات کشاورزی و غذا در ایران به زمین‌های آبی وابسته است و کمتر از ۷ درصد این نیاز از کشت دیم تامین می‌شود (Ministry of Agriculture-Jahad,. (2023b)).

تخریب منابع خاک از چالش‌ها و تهدیدات مهمی است که اثرهای منفی آن در تولید، عملکرد و در نهایت امنیت غذایی جهان قابل تامل است. بیش از ۴۹ درصد (حدود ۷۵۹ میلیون هکتار) از خاک زمین‌های در چرخهٔ کشت جهان در معرض تخریب با درجه‌های متوسط (۴۷۹ میلیون هکتار) تا شدید (۲۷۹ میلیون هکتار) هستند. از این سطح حدود ۵۵۲ میلیون هکتار مربوط به زمین‌های دیم (۴۶ درصد کل زمین-های دیم) و ۱۹۶ میلیون هکتار مربوط به زمین‌های آبی است (۵۸ درصد کل زمین‌های آبی). سالانه حدود ۲۰ تا ۳۷ میلیارد تن از خاک سطح‌الارض در اثر بحران فرسایش خاک در جهان از دسترس خارج می‌شود (FAO, 2022). متوسط هدررفت خاک در ایران حدود ۳/۲ میلیارد تن (معادل ۲۰ تن در هکتار) در سال برآورد شده است (Asadi, 2022). از نظر سرانه زمین-های در چرخهٔ کشت فقط سه کشور قزاقستان، استرالیا و کانادا به‌ترتیب با ۱/۶۵، ۱/۰۵ و ۱/۰۱ هکتار به ازای هر نفر دارای سرانه بیش از یک هکتار هستند. سرانه متوسط جهان ۰/۲۱ و ایران ۰/۱۸ هکتار به ازای هر نفر است (World Bank, 2021).

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی روندهای موثر در بخش آب، خاک و کشاورزی و نتایج پیش‌بینی‌های مربوط به هر یک از کلان‌روندهای جهانی ارائه شده به‌ویژه"تغییرات اقلیمی" و "رقابت بر سر منابع تولید"، به وضوح نشان می‌دهد که مشکلات پیش روی تولید در بخش کشاورزی و تامین امنیت غذایی جوامع در بسیاری از نقاط دنیا در حال ظهور و تشدید و در ایران کاملا محسوس و قابل تامل است. علاوه بر اثرهای مستقیم روندهای مورد مطالعه در کیفیت و کمیت منابع آب و خاک، اثرهای نامستقیم و به‌ویژه اثرهای متقابل این عوامل نیز بسیار مهم است و می‌تواند به-عنوان پیش‌فرض در تحقیقات بعدی مرتبط مورد توجه قرار گیرد. هر چند انتظار می‌رود بخشی از این کمبودها به‌واسطهٔ فناوری‌های نوین و تحولات ناشناختهٔ آتی جبران شود، ولی قطعا برنامه‌ریزی و اقدام در چارچوب‌های تعیین شده با رویکردهای "تسکین" و "سازگاری" انکارناپذیر است. بر همین اساس، برخی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه با درک صحیح شرایط و سیاستگذاری دقیق، تدوین برنامه‌های عملیاتی و نقشه راه منطبق بر اصول ذکر شده را در دستور کار قرار داده و به موفقیت‌هایی نیز دست یافته‌اند. در ایران نیز هرچند در متن قانون برنامهٔ توسعهٔ هفتم اشاره‌ای مختصر به

[1] Annual Crops
[2] Permanent Crops

موضوع تغییر اقلیم و الزام‌های قانونی آن شده است، ولی با توجه به وابستگی بیش از ۹۳ درصد از تولید محصولات کشاورزی به آب و نیز تهدیدهای جدی در زمینه شوری و فرسایش خاک، پیشنهاد می‌شود تهیهٔ سند راهبردی ملی مقابله با تغییر اقلیم مشتمل بر سناریوهای محتمل و منطبق بر شرایط بخش کشاورزی، به‌طور ویژه در دستورکار مراجع ملی گنجانده شود. از طرف دیگر، با توجه به پیش‌بینی تامین ۸۰ درصد از مازاد غذای مورد نیاز دنیا تا سال ۲۰۵۰ از طریق افزایش عملکرد (تولید در واحد سطح) و ارتقای بهره‌وری، لازم است راهبردهای مذکور در سیاست‌های امنیت غذایی کشور مورد توجه وافر قرار گیرد. در همین راستا، بهبود راندمان آبیاری و توسعهٔ روش‌های آبیاری مدرن، به‌عنوان رویکرد مهم و اساسی در افزایش سازگاری با تغییر اقلیم و توسعه پایدار منابع آب و خاک مطرح است و خوشبختانه با توجه به تجربه-ها، توان فنی و مهندسی و ظرفیت مطلوب توسعه سامانه‌های نوین آبیاری در کشور (بالغ بر ۲۵۰ هزار هکتار در سال)، پیشنهاد می‌شود با توجه به تکالیف قانونی، حمایت‌های دولتی در زمینهٔ تجهیز سایر زمین‌های آبی کشور (حدود ۵/۵ میلیون هکتار) به سامانه‌های نوین آبیاری با شتاب بیشتری ادامه یابد و نکته قابل توجه اینکه با تحقق کامل برنامهٔ فوق، امکان صرفه‌جویی حدود پنج میلیارد مترمکعب آب در سال در بخش کشاورزی وجود خواهد داشت. ناگفته نماند با توجه به پیش‌بینی رشد جمعیت شهری در ایران (تا ۸۲ درصد تا سال ۱۴۲۵) و همچنین به منظور ارتقای بهره‌وری و تضمین سرمایه‌گذاری‌ها، بهتر است حمایت‌های دولتی در توسعهٔ سامانه‌های نوین آبیاری و دیگر زیرساخت‌های بخش آب و خاک به سمت پروژه‌های کشاورزی بزرگ مقیاس و در شهرک‌های کشاورزی و قطب‌های تولید متمرکز گردد. لازم است تاکید شود استفادهٔ حداکثر از ظرفیت‌ها و فرصت‌های بین‌المللی، بدون شک از پیش‌نیازهای موفقیت در هر یک از طرح‌ها و برنامه‌ها محسوب می‌شود و در این زمینه، با توجه به سوابق و دستاوردهای قبلی، پیشنهاد می‌شود توسعهٔ همکاری‌های فنی و تبادل تجربه‌ها با بخش‌های ذی‌ربط در سازمان خواربار و کشاورزی جهان (فائو) و پروژه‌های جهانی از جمله GSP[1]، WaPor[2]، AQUASTAT[3]، AQUA CROP[4] و غیره به عنوان یک اولویت مهم در برنامه‌های اجرایی وزارت جهاد کشاورزی مورد توجه قرار گیرد.

[1] Global Soil Partnership
[2] FAO Water Productivity Open-access portal
[3] FAO's Global Information System on Water and Agriculture
[4] Crop-water productivity model

منابع

Abbasi, F., Akbari, M., Naseri, A., Abbasi, N., Baghani, J., Joleini M., Shahrokhnia, M.A., Nakhjavani Moghaddam, M.M., Sepehri, S., Moayyeri, M., Hassanoghli, A.R., Haghayeghi Moghaddam, A., Ghadami Firouzabadi, A., MousaviFazl, H., Yazdani M.R. (2024). A review of water consumption management indicators of different plants in Iran. Irrigation and Drainage Structures Engineering Research. 25(94), pp. 1-14.

Afsharinia, M. & Panahi, F. (2021). Effect of climatic drought on surface soil salinity in Kashan Plain, Water and Soil management, 1(2), pp. 36-46. Doi: 10.22098/MMWS.2021.8982.1018.

Aghapoor, A. & Pahlevan, F. (2007). Future Studies, principles, necessities and methodology, *Development Strategy*, 3, pp 154-176.

Alexandratos, N. & Bruinsma, J. (2012). "World agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision," ESA Working Papers 288998, Food and Agriculture Organization of the United Nations, *Agricultural Development Economics Division* (ESA). Doi: 10.22004/AG.ECON.288998

Asadi, H. (2022). A Critical report on several decades' activities in the universities, research institutes and executive organizations in the field of soil erosion and conservation in Iran. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53(2), pp. 411-433. https://dx.doi.org/10.22059/ijswr.2022.337663.669190

Food and Agriculture Organization. (2022). *World Food and Agriculture* – Statistical Yearbook 2022. Rome. https://doi.org/10.4060/cc2211en

Food and Agriculture Organization. (2022). *FAOSTAT*. In: FAO [online]. [Cited 15 March 2024]. http://faostat.fao.org

Food and Agriculture Organization. (2022). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture* – Systems at breaking point. Main Report. Rome. https://doi.org/10.4060/cb9910en

Food and Agriculture Organization, (2020). The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture. Rome. https://doi.org/10.4060/cb1447en

Fathi, E., Javid, N., Hosseini, S., Mirzaei, S., Nasiripoor, S. & Mahzoon, A. (2019). *Report on the past trend, current situation and future prospects of Iran's population until 2045*, Development and Foresight Research Center, Planning and Budget Organization.

Hawksworth, J., Clarry, R. & Audino, H. (2017). *The World in 2050–Summary Report*, PricewaterhouseCoopers International Limited (PwC), https://www.pwc.com/gx/en/research-insights/economy/the-world-in-2050.html#download

Heidari, A. H. (2014). Fundamental concepts of futures studies. *The Journal of Popularization of Science*. 5(2), pp. 81-96.

International Monetary Fund (IMF). In: IMF [online]. [Cited 20 March 2024]. https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD

Iran Water Resource Management Company (IWRMC). (2023). *Water Road Map Report*.

IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C*. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 616 pp. https://doi.org/ 10.1017/9781009157940.

Kirova, M., Montanari, F., Ferreira, I., Pesce, M., Albuquerque, J.D., Montfort, C., Neirynck, R., Moroni, J., Traon, D., Perrin, M., Echarri, J., Arcos Pujades, A., Lopez Montesinos, E. & Pelayo, E. (2019). Research for AGRI Committee – Megatrends in the agri-food sector, European Parliament, *Policy Department for*

Structural and Cohesion Policies, Brussels. https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU(2019)629205

Liyin H. & Lorenzo R. (2023). *Solutions to agricultural green water scarcity under climate change*. https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad117

Lorenzo R., Chiarelli D.D., Tu1 C., Rulli MC. & D'Odorico P. (2019). Global unsustainable virtual water flows in agricultural trade. *Environ. Res*. Lett., 14: 11400, DOI 10.1088/1748-9326/ab4bfc

Mahmoudi, B. (2004), Introduction of future studies and methods. Development and Foresight Research Center, *Planning and Budget Organization*. https://vpb.um.ac.ir/images/23/stories/pdfword/TarhayeMotaleati/rahbordi2/futurmethods.pdf

Ministry of Agriculture-Jahad, Statistics, Information technology and communication center. (2023a). *Agricultural Annual statistics Report*, Volume 3, Horticultural Crops, Mushrooms and Greenhouses Crops. https://amar.maj.ir/page-amar/FA/65/form/pId3354

Ministry of Agriculture-Jahad, Statistics, information technology and communication center. (2023b). *Agricultural Annual statistics Report*, Volume 1, Annual Crops. https://amar.maj.ir/page-amar/FA/65/form/pId3352

Natural Disaster Databook. (2022). *An Analytical Overview*, https://reliefweb.int/report/world/natural-disaster-data-book-2022-analytical-overview

OECD. (2016). Megatrends affecting science, technology and innovation, in OECD Science, *Technology and Innovation Outlook 2016*, OECD Publishing, Paris. DOI: https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2016-4-en

United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). World Population Prospects 2022: Summary of Results. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3.

United Nations (2022-2023), *DESA Annual Highlights towards Sustainable Development for All*, https://www.un.org/en/desa/highlights-report-2022-2023.

Van Dijk, A.I.J.M., H.E. Beck, R.A.M. de Jeu, W.A. Dorigo, J. Hou, W. Preimesberger, J Rahman, P.R. Rozas Larraondo, R. & van der Schalie. (2022). *Global Water Monitor 2022*, Summary Report. Global Water Monitor (www.globalwater.online)

Wang, F., Harindintwali J.D., Wei, K., Shan, y., Wie, K., Mi, Z., JohnCastello, M., Grunwals, S., Fenf, Z. & Wang, F., (2023). *Climate change: Strategies for mitigation and adaptation*. The Innovation Geoscience 1(1), 100015. https://doi.org/10.59717/j.xinn-geo.2023.100015

World Bank Statistics. (2022). In: FAO [online]. [Cited 15 March 2024]. https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.CROP.ZS

Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D., Huang, Y., Huang, M., Yao, Y., Bassu, S., Ciais, P., Durand, JL., Elliott, J., Ewert, F., Janssens, IA., Li, T., Lin, E., Liu, Q,, Martre, P., Müller, C., Peng, S., Peñuelas, J., Ruane, AC., Wallach, D., Wang, T., Wu, D., Liu, Z., Zhu, Y., Zhu, Z. & Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. Proc Natl Acad Sci U S A. 2017 Aug 29; 114 (35):9326-9331. doi: 10.1073/pnas.1701762114. Epub 2017 Aug 15. PMID: 28811375; PMCID: PMC5584412.

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.24/No.93/ Winter 2023/P:101-117

Technical Note

Introduction and Analysis of Effective Megatrends in Water, Soil and Agriculture in the World and Iran Until 2050

Alireza, Esmaili Falak; Fariborz, Abbasi*

*** Corresponding Author**: Professor Agricultural Engineering Research Institute, AREEO, Karaj, Iran
Received: 11 May 2024 **Accepted**: 11 July 2024
Email: fariborzabbasi@ymail.com
https://doi.org/ 10.22092/IDSER.2024.365754.1581

Abstract

Nowadays, the world has different features than in the past, including intense and competitive changes, low adaptability, complexities, and uncertainties. The agricultural sector, as a major food producer worldwide, is not exempt from these traits, and, according to scientific reports and predictions, these changes are expected to become more prominent and challenging by 2050. Climate change and limitations of agricultural production resources (especially water and soil), along with other issues such as population growth and aging, urbanization and decreased willingness to work in the agricultural sector, economic issues and changing in supply and demand patterns, have led to food security in human societies with new and even turbulent conditions. In order to manage and overcome this challenge, Future Studies tools based on Megatrends review has been noticed in recent decades in different countries and international communities. Since Iran is also among the countries most vulnerable to the effects of climate change and is more or less affected by other factors limiting the agricultural sector, this article examined six of the most effective global megatrends related to water, soil and agriculture by 2050, and compared the position of the Islamic Republic of Iran towards the world and other countries. Finally, with the aim of enumerating the future-oriented solutions of climate change, it was suggested that, through convergence and constructive interaction, the development of a comprehensive national plan should be proposed and supported as an important priority, in accordance with the approach of increasing resilience and adaptation to climate change and water resources reduction.

Introduction

Food security is one of the main pillars of the sustainable development of countries, and dealing with the threats of food insecurity should be considered as one of the major goals of the development plans of all countries. According to the concerns that exist in this field, governments try to use the results of future studies to obtain information so that they can become an active element (instead of an observer), and interact with the future as a decision-maker to be able to take action some preventive measures. The most important "Megatrends" that are directly and indirectly involved in the food and agriculture sector, include demographic changes, economic changes, urbanization and migration, technological changes, climate changes and competition for production resources. In order to study 6 major megatrends and compare statistics and information related to the past, present and future, many articles, official reports, annual statistics and the results of documented forecasts were used. The world population will reach about 9.7 billion people in 2050, and about 97% of this growth will be in developing countries. The world's working population in the agricultural sector has decreased from 40% in 2000 to 27% in 2022. By 2050, about 82% of Iran's population will live in cities. Significant economic changes will take place in the world by 2050 in terms of per capita income and GDP. Global warming and climate change will have a significant impact on agricultural processes, such as reducing water resources, water and soil salinity, reducing crop yields, floods and droughts events, etc. In terms of access to water and soil resources for food production, restrictions with different degrees and intensities are seen almost all over the world. Therefore, this

article attempts to provide a general description of the situation and challenges by 2050, through collecting, analyzing and comparing information and data related to effective global megatrends in the water, soil and agriculture sector of Iran and the world. However, we believe that the researchers should be more involved in future studies concepts because it is necessary to clarify more details of water and soil issues and their integration with other agricultural areas in the future to provide the basis of national sustainable development approaches. In this technical note, in order to at describing and forecasting the effective factors in the water, soil, and agriculture sectors until 2050, six majors global Megatrends have been identified. In each of these Megatrends, the status, potential challenges, and Iran's position in the world have been compared and evaluated based on statistics and information from scientific sources and official international reports, including FAO, World Bank, and IMF. Finally, considering the experiences, predicted results in the examined trends, and discussions held with experts, suggestions and solutions aligned with the country's conditions have been presented.

Results and Discussion

Review of the effective trends in the water, soil, and agriculture sectors, as well as the predicted outcomes related to each of the major global trends, particularly "climate change" and "competition over production resources," clearly indicates that the challenges facing agricultural production and food security in societies are emerging and intensifying in many parts of the world, including Iran. In addition to the direct impact of each of the studied trends on the quality and quantity of water and soil resources, the indirect effects, especially the interrelated impacts of these factors, are also crucial and could be noted as in future relevant research. While it is expected that some of these deficiencies may be addressed through new technologies and unforeseen developments, planning and action within the frameworks of "mitigation" and "adaptation" are undoubtedly indispensable. In this regard, some countries, with a proper understanding of the conditions and precise policymaking, have formulated strategic plans and roadmaps aligned with the mentioned principles, and have achieved successes accordingly. In Iran, although a brief reference to climate change issue in the Seventh Development Plan, considering the over 93% dependency of agricultural production on water, as well as other serious threats in terms of soil salinity and erosion, it is essential to develop a national strategic document to address climate change, consisting of probable scenarios and national priorities. Furthermore, since the supply of 80% of the world's surplus food until 2050 depends on the increase in yield and productivity, it is necessary for these aforementioned strategies to receive more attention in the country's food security policies. In this regard, improving irrigation efficiency and developing modern irrigation methods are highlighted as crucial and fundamental approaches in enhancing climate change resilience and sustainable development of water and soil resources. Fortunately, the technical capacity and the ability of implementing modern irrigation projects in Iran are up to 250 thousand hectares per year, and therefore it is suggested that planning and more support for the conversion of remaining irrigated lands (about 5/5 million ha) should be paid attention to by policymakers, because by completing this project, it would be possible to save more than 5 billion cubic meters of water per year. Noteworthy is the anticipated urban population growth in Iran (up to 82% by 2050) and also to enhance productivity and ensure investments, it is advisable for government support in the development of modern irrigation systems and other water and soil infrastructure to be directed towards large-scale agricultural projects in agricultural hubs. It is crucial to emphasize that maximizing the use of international capacities and opportunities is undoubtedly a prerequisite for success in each of the projects and programs, and in this regard, based on past experiences and achievements, it is recommended to expand technical cooperation with relevant organizations such as FAO and global projects like GSP (Global Soil Partnership), WaPor (FAO Water Productivity Open-access portal), AQUASTAT (FAO's Global Information System on Water and Agriculture), AQUA CROP (Crop-water productivity model), etc.

Key Words: Megatrend, Food Security, Climate change, Production resources