یادداشت تحلیلی

امنیت آبی و نقش آن در امنیت غذا

سیده محدثه طاهری

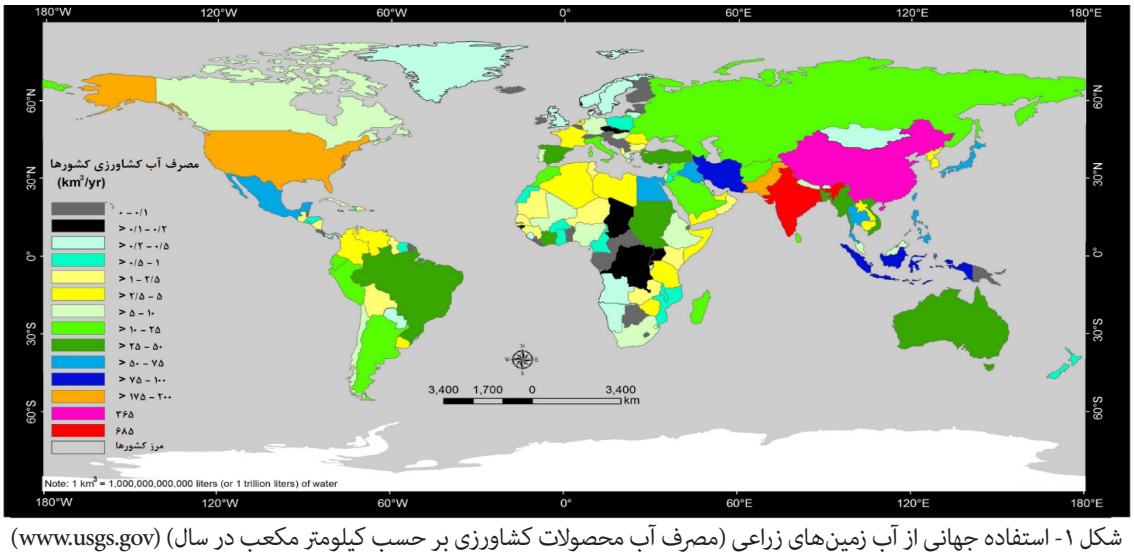
دانشجوی دکترای مهندسی آب، پژوهشکده آب و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. * taheri.sm@mail.um.ac.ir

ناکافی بودن منابع آب برای تأمین نیازهای تولید مواد غذایی موضوع بسیار مهمی است که در آینده بر اهمیت آن افزوده خواهد شد. اگر منابع آب تجدیدپذیر محلی سبز (در خاک) و آب آبی (در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، مخازن، سفره‌های زیرزمینی) برای تولید یک منبع غذایی مرجع (شامل ۳۰۰۰ کیلوکالری نیاز روزانه که محصولات حیوانی ۲۰ درصد آن را در برگیرد). برای همه ساکنان کافی نباشد، یک واحد تولید مواد غذایی را دچار کمبود آب سبز-آبی می‌دانیم. تعداد افرادی که در واحدهای تولید مواد غذایی تحت تأثیر کمبود آب سبز-آبی زندگی می‌کنند از ۳۶۰ میلیون نفر در سال ۱۹۰۵ (۲۱ درصد جمعیت جهان در آن زمان) به ۲/۲ میلیارد (۳۴ درصد) در سال ۲۰۰۵ رسیده است. در این مدت کمبود آب سبز-آبی به مناطق وسیعی سرایت کرده است و در مناطق قبلی بیشتر شده است. امنیت آب، مفهومی است که در ابعاد و جوانب مختلف بررسی می‌گردد. چهار بعد از این موارد شناسایی گردیده که هر یک از دو جنبهٔ مکمل، تشکیل شده است: مستقیم-غیر مستقیم، کلان-خرد، فنی-سیاسی و صلح-درگیری. در این مطالعه نقش غیرمستقیم آب بر امنیت غذایی در مقیاس جهانی با استفاده از رویکرد کمّی فضایی مورد بررسی قرار داده شد. از آنجا که امنیت غذایی از بسیاری جهات با امنیت آب در هم تنیده شده است، در این مقاله، نقش کمبود آب بر اختلال در تولید غذا و تأثیر تجارت بر این تعامل تجزیه و تحلیل شد و ضمن بررسی ارتباط تاب‌آوری اجتماعی با این موضوعات، مناطقی که در این زمینه با چالش‌های خاصی مواجه بودند، شناسایی شدند. با این کار، مفهوم امنیت آب نظام‌مند گردید و در نهایت با مسائل آسیب‌پذیری، تاب‌آوری و پایداری مرتبط گردید.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، امنیت آب، تاب‌آوری، کمبود آب، واحد تولیدی غذا

مقدمه

آب تقریباً در تمام فرآیندها و اجزای اکوسیستم‌های طبیعی و جوامع انسانی در هم تنیدگی دارد. آب بخشی از هر جزء اقتصادی قابل تصور و همچنین خط حیاتی اکوسیستم‌ها و سیستم‌های حامی حیات زمین است. بنابراین وظیفه مدیریت و ادارهٔ آب، جنبه‌های بی‌شماری دارد که ممکن است منجر به درگیری‌ها و تنش‌ها و همچنین چالش‌هایی شود که با مفاهیم رایج و مرتبط مانند مدیریت یکپارچه منابع آب و پیوند آب-غذا-انرژی نشان داده می‌شود. امنیت آب، میزان توانایی دسترسی به آب در مواجه با خطرات، آسیب‌پذیری‌ها، ناامنی‌ها و چالش‌های سیاستی مختلف، در شرایطی که جوامع و اکوسیستم‌ها با تغییرات کمّی و کیفی آب و وجود بلایای طبیعی و غیر طبیعی مرتبط با آب روبرو هستند را نشان می‌دهد و میزان تاب‌آوری در برابر چنین آسیب‌پذیری‌هایی را در برمی‌گیرد. امنیت آب بر امنیت غذایی تأثیر می‌گذارد و با آن مرتبط است. این به دلیل اهمیت کلیدی تولید مواد غذایی بر تقاضای آب است؛ زیرا کشاورزی بیش از ۷۰ درصد از کل برداشت جهانی آب[1] و تا ۹۰ درصد از آب مصرفی[2] را به خود اختصاص می دهد (Kummu و همکاران، ۲۰۱۶). به دلایل مختلف (از جمله: جمعیت و اقلیم) مصارف آب کشاورزی در کشورهای مختلف بسیار متفاوت است (شکل ۱). برای مثال در هند، چین و پاکستان در نتیجهٔ کشت‌های مضاعف و سه‌گانه، مصرف آب در زمین‌های زراعت آبی غالب است (استفاده از آب آبی). در ایالات متحده، استفاده از آب توسط زمین‌های زراعی دیم (مصرف آب سبز) غالب است. کمبود آب زمانی حادّتر می‌شود که در نظر بگیریم، عرضه و تقاضا در چارچوب آیندهٔ اجتماعی-اقتصادی و شرایط طبیعی که ممکن است رخ دهد، تحت تأثیر رشد جمعیت و تغییرات اقلیم قرار دارد.



شکل ۱- استفاده جهانی از آب زمین‌های زراعی (مصرف آب محصولات کشاورزی بر حسب کیلومتر مکعب در سال) (www.usgs.gov)

در دسترس بودن غذا تنها یک بخش از کل سیستم امنیت غذایی است. مفهوم امنیت آب براساس سطح آسیب‌پذیری اجتماعی و فیزیکی تعریف می‌شود (Zeitoun، ۲۰۱۱). مطالعات مربوط به تولیدات کشاورزی، تقاضای آب و تغییرات آب و هوایی، اکوسیستم‌ها، تقاضای انرژی و روابط بین طرفین، ورودی‌هایی برای تحقیقات در مورد جنبه‌های مختلف امنیت در حوزه‌های مختلف امنیت ملی، امنیت جوامع انسانی، امنیت آب و هوا، امنیت منابع آب، امنیت انرژی و امنیت غذایی هستند. مطالعات کمّی آب شیرین در مقیاس کلان به دلیل تحلیل‌های آسیب‌پذیری، مجموعه‌ای از عوامل مرتبط با جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را در بر می‌گیرد که بر حاکمیت منابع آب یا وضعیت اکولوژیکی تأثیر می‌گذارد.

این مطالعات اغلب مبتنی بر رویکرد سه‌گانه توسعه پایدار است که در آن توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی با هم بررسی می‌شود. از نظر جغرافیایی، ارزیابی‌های آسیب‌پذیری منابع آب دارای تمرکز ملی، منطقه‌ای، یا جهانی بوده است. این مطالعات همچنین نقطه ورودی برای مطالعات امنیت آب در مقیاس کلان هستند و آسیب‌پذیری، اصطلاحی است که اغلب با امنیت آب مرتبط است. در این تحلیل رویکرد آسیب‌پذیری آب با تجزیه و تحلیل در دسترس بودن مواد غذایی، در مقیاس جهانی ترکیب می‌شود. چنین تحلیلی از دو جهت حیاتی است: ابتدا یک نمای کلی از آسیب‌پذیری و تاب‌آوری منابع آب در برابر تأمین غذا ارائه می‌کند، دوم اینکه بستری را برای هدف قرار دادن فعالیت‌های علمی و مرتبط با سیاست‌گذاری در مناطق جغرافیایی که از نظر امنیت آب و غذا بسیار حیاتی هستند، ارائه می‌دهد (Varis و همکاران، ۲۰۱۷). ارزیابی کفایت منابع آب شیرین برای آینده و در مقیاس جهانی به دلیل شرایط پیچیدهٔ جغرافیایی و سرعت تغییر عرضه و تقاضا دشوار است. این در حالی است که در سطح جهان، منابع آب با بیشترین فشار برای برآورده نمودن نیازهای به سرعت در حال رشد، مواجه هستند.

تجزیه و تحلیل جهانی امنیت آب و غذا

در این یادداشت تحقیقاتی، دیدگاه مشترک کمبود آب و تأمین غذا با ظرفیت سازگاری اجتماعی، یعنی تاب‌آوری به صورت کمّی در مقیاس جهانی، جهت امکان مقایسه بین مناطق بررسی گردید و مشخص شد که تاب‌آوری در توانایی واحدهای تولید مواد غذایی برای انطباق با ناامنی غذا و آب، نقش مهمی دارد. تحلیل‌های صورت گرفته در این زمینه بر تحلیل‌های کمّیِ جنبه‌های دسترسی و استفاده از آب، تکیه داشت. مطالعات اخیر در مورد کمبود آب و مواردی از تقاضای آب شامل تولید، کشاورزی و تقاضای انرژی، اکوسیستم، تغییر اقلیم و روابط بالادست-پایین دست است. تحلیل‌های آسیب‌پذیری موجود از منابع آب، که مجموعه‌ای از عوامل مؤثر بر حاکمیت منابع آب و وضعیت اکولوژیکی را در بر می‌گیرد، از بسیاری جهات به این رویکرد نزدیک‌تر از تجزیه و تحلیل‌های مبتنی بر در دسترس بودن آب خالص است. رویکردهای آسیب‌پذیری، اغلب عوامل اقتصادی، اجتماعی و محیطی را به طور مشترک در بر می‌گیرد. در نظر گرفتن تاب‌آوری در کمبود آب و مطالعات تأمین مواد غذایی، می‌تواند بهتر با بحث امنیت آب هماهنگ باشد. ظرفیت اجتماعی برای رویارویی و انطباق با کمبود آب و آسیب‌پذیری‌های مرتبط، یک عامل بسیار اساسی در رسیدگی به نگرانی‌های امنیتی آب است.

امنیت آب

ظرفیت یک جامعه برای حفاظت از دسترسی پایدار به مقادیر کافیِ آب با کیفیت قابل قبول برای حفظ معیشت، رفاه انسانی و توسعه اجتماعی-اقتصادی، تضمین حفاظت در برابر آلودگی‌های ناشی از آب و بلایای مربوط به آب و حفظ اکوسیستم‌ها در فضای صلح و ثبات سیاسی است. این تعریفی است که توسط سازمان ملل، به عنوان نقطه شروع گفتگو در مورد عناصر کلیدی امنیت آب و محوریت آب برای دستیابی به احساس امنیت، پایداری، توسعه و رفاه انسان پیشنهاد شده است (UN-Water، ۲۰۱۳). امنیت آب به عنوان توانایی یک جمعیت برای: ۱- حفاظت از دسترسی پایدار به مقادیر کافیِ آب با کیفیت قابل قبول برای حفظ معیشت، رفاه انسان و توسعه اجتماعی و اقتصادی؛ ۲- محافظت در برابر آلودگی آب و بلایای مربوط به آب؛ و ۳- حفظ اکوسیستم‌ها، که دسترسی به آب پاک و سایر خدمات اکوسیستم به آن بستگی دارد مطرح می‌گردد (Aboelnga و همکاران، ۲۰۱۹). امنیت آب، دسترسی مطمئن به مقدار و کیفیت قابل قبول آب برای سلامت، معیشت و تولید، با هدف پاسخگویی به تقاضای فعلی و آیندهٔ رفاه انسان و توسعهٔ اجتماعی-اقتصادی (رفاه، آب مجازی و دیپلماسی غذا) است که متاثر از نوع مدیریت، شرایط تغییر اقلیم و نرخ رشد بوده و در عین حال تضمین حفاظت از محیط‌زیست، اکوسیستم، منابع آبی وکاهش خطر آلودگی و بیماری‌های ناشی از آب، دستیابی به آب پاک و کافی را در بر می‌گیرد (شکل۲).

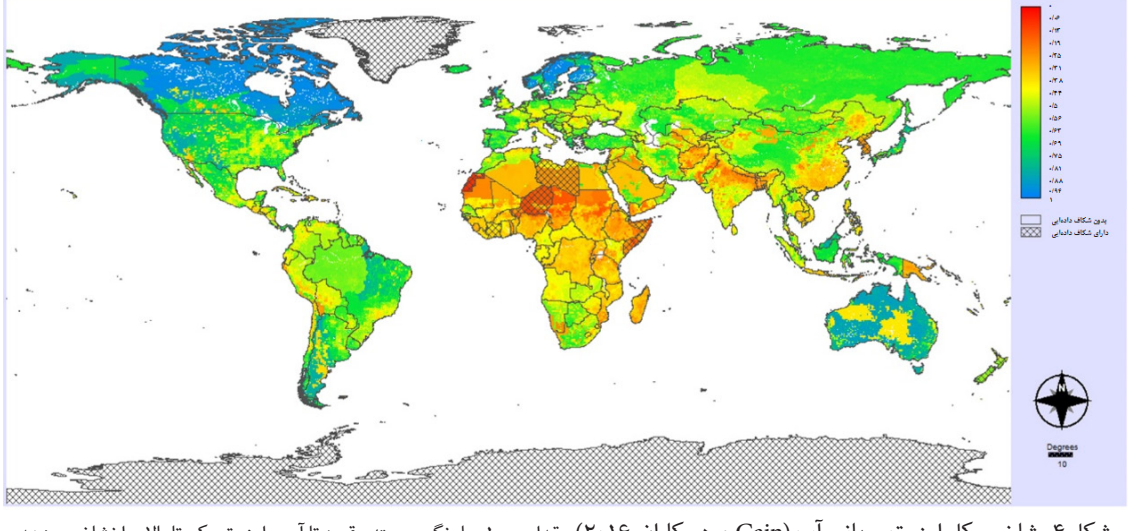
شکل۲- اهداف، رویکردها و عوامل موثر بر امنیت آب

برای دستیابی به احساس امنیت، پایداری، توسعه و رفاه انسان، آب نقش محوری دارد. دستیابی به امنیت آب، نیازمند همکاری بین بخش‌ها، جوامع، رشته‌ها و مرزهای سیاسی است تا خطر درگیری‌های احتمالی بر سر منابع آب، بین بخش‌ها و بین مصرف‌کنندگان آب یا دولت‌ها کاهش یابد. امنیت آب شهری را می‌توان ظرفیت پویای سیستم در جهت دسترسی پایدار، عادلانه، کافی و با کیفیت به صورت مستمر و قانونی و مقرون به‌صرفه برای تأمین معیشت و رفاه انسان تعریف کرد، به‌گونه‌ای که در راستای توسعه اقتصادی و اجتماعی با تضمین حفظ اکوسیستم‌ها و دسترسی به فضای صلح و ثبات سیاسی، قرار گیرد (شکل۳) (Aboelnga و همکاران، ۲۰۱۹). مدیریت خوبِ منابع آب با کیفیت و خدمات تأمین آب و مدیریت ریسک بلایا (سیلاب و خشکسالی) برای امنیت آب حیاتی است و علل ناامنی آب، شرایط فیزیکی (تنوع آب و هوا، تجاوز آب شور به سواحل) و همچنین انسانی (برداشت بیش از حد از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی، آلودگی آب کشاورزی، آلودگی آب‌های صنعتی) است. صرفه‌جویی در مصرف آب روشی برای کاهش مصرف آب غیرضروری است که اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا آب شیرین و تمیز یک منبع محدود و همچنین پرهزینه است.

مقایسه سطوح نسبی امنیت آب با استفاده از معیارها، برای جنبه‌های خاصی از امنیت آب معمول است. در شکل (۴)، شاخص کل امنیت جهانی آب، با استفاده از تجمیع در دسترس بودن، دسترسی، ایمنی و کیفیت و شاخص‌های مدیریتی آب نمایش داده شده است و مناطق سایه‌دار، کشورهای دارای اختلاف داده‌ای را معرفی می‌کند (Gain و همکاران، ۲۰۱۶) و معیارهای زیر را در بر می‌گیرد (شکل۴):

- در دسترس بودن (شاخص کمبود آب، شاخص خشکسالی، کاهش آب زیرزمینی)
- دسترسی به خدمات آب (دسترسی به فاضلاب و آب آشامیدنی)
- ایمنی و کیفیت (شاخص کیفیت آب، فرکانس سیل جهانی)
- مدیریت (شاخص حکمرانی جهانی، چارچوب قانونی فرامرزی، تنش سیاسی فرامرزی)

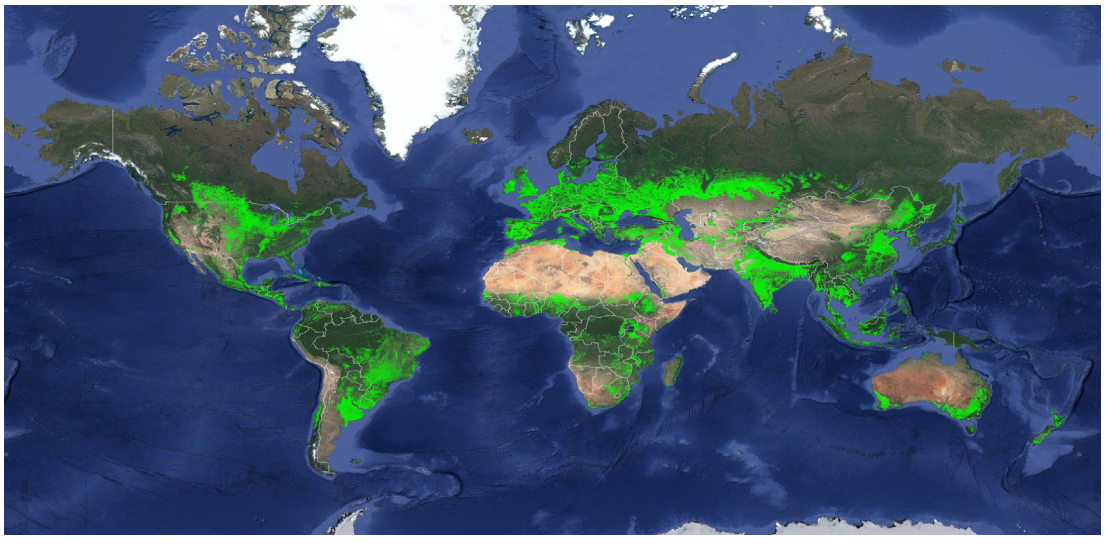
شکل۳- چارچوب امنیت آب سازمان ملل متحد (Aboelnga و همکاران، ۲۰۱۹)



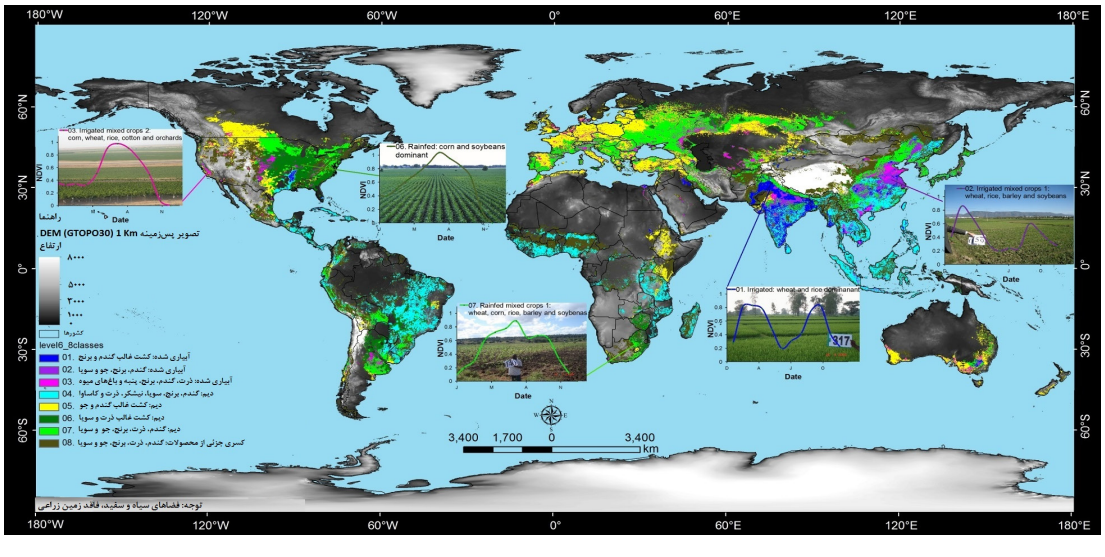
شکل ۴- شاخص کل امنیت جهانی آب (Gain و همکاران، ۲۰۱۶) مقدار «۰-۱» با رنگ پیوسته «قرمز تا آبی» امنیت «کم تا بالا» را نشان می‌دهد.

آب به صورت ذاتی در اجزای طبیعی، انسانی و سایر بخش‌ها در هم تنیده شده است. ارتباط آب و غذا یکی از مهمترین پیوندهای بین بخشی است، زیرا در نتیجهٔ برآوردها در سال ۲۰۱۷، تولید غذا تقریباً ۷۰٪ از کل مصرف آب توسط انسان را تشکیل می‌دهد و ۴۰٪ از سطح زمین (Varis و همکاران، ۲۰۱۷). نقشه توزیع زمین‌های زراعی بر گرفته از تصاویر Landsat در

سال ۲۰۱۵، وسعت ۱/۸۷۴ میلیارد هکتار (تقریباً ۱۲/۶ درصد از سطح زمین) زمین‌های زراعی در جهان را نشان می‌دهد (شکل ۵) که حدود ۱/۵ میلیارد هکتار از کل زمین‌های زراعی جهان، زیرکشت پنج محصول غالب گندم، برنج، ذرت، جو و سویا قرار دارد که حدود ۶۰ درصد از کل زمین‌های زراعی جهان را تشکیل می‌دهند (شکل۶).



شکل ۵- نقشه توزیع زمین‌های زراعی در سراسر جهان با وضوح اسمی ۳۰ متر در سال ۲۰۱۵. (www.usgs.gov)

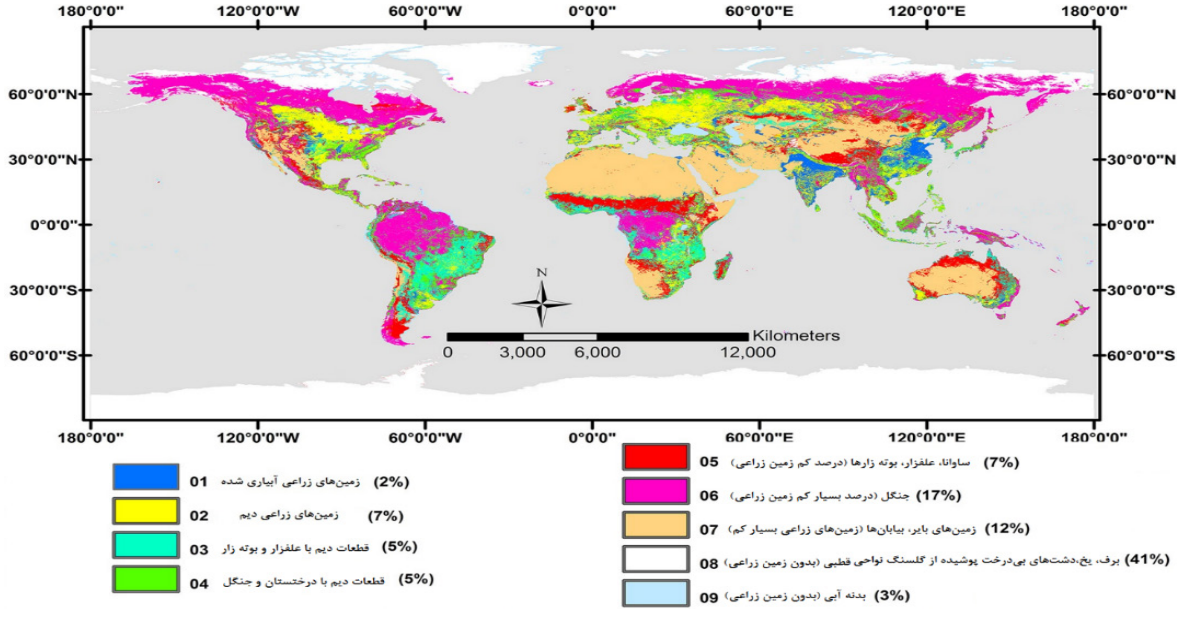


شکل ۶- توزیع مناطق زراعت جهانی (حدود ۱/۵ میلیارد هکتار) (www.usgs.gov)

بر اساس بیانیهٔ اجلاس جهانی غذا در سال ۱۹۹۶، امنیت غذایی زمانی تعریف می‌شود که همهٔ مردم در همهٔ زمان‌ها به مواد غذایی سالم و مغذیِ کافی، دسترسی فیزیکی و اقتصادی داشته باشند که ترجیحات و نیازهای غذایی آنها را برای یک زندگی فعال و سالم برآورده کند (Aliaga و همکاران، ۲۰۱۴). هدف امنیت غذایی همانطور که توسط فائو تعریف شده، این است که اطمینان حاصل شود که همهٔ مردم در همهٔ زمان‌ها هم دسترسی فیزیکی و هم اقتصادی به غذای اساسی مورد نیاز خود دارند. افرادی که هر روز غذای کافی مصرف نمی‌کنند، دچار ناامنی غذایی می‌شوند، یعنی زمانی که فرد نمی‌تواند مقدار کافی غذای سالم را در روز به دست آورد. گرسنگی یک وضعیت فیزیولوژیکی در سطح فردی است که ممکن است ناشی از ناامنی غذایی باشد (Lang و Barling، ۲۰۱۲). تعریف فعلی امنیت غذایی، اشاره می‌کند که امنیت غذایی از شش بعد تشکیل شده است: در دسترس بودن غذا، دسترسی اقتصادی و فیزیکی به غذا، استفاده از غذا، ثبات غذا و پایداری غذا (Clapp و همکاران، ۲۰۲۲). امنیت غذایی، اساساً بر چهار ستون بنا شده است: در دسترس بودن، دسترسی، استفاده و ثبات (شکل ۷). یک فرد باید همیشه به غذای کافی با ترکیب غذایی مناسب (کیفیت) دسترسی داشته باشد تا از نظر غذایی ایمن باشد (Capone و همکاران، ۲۰۱۴).

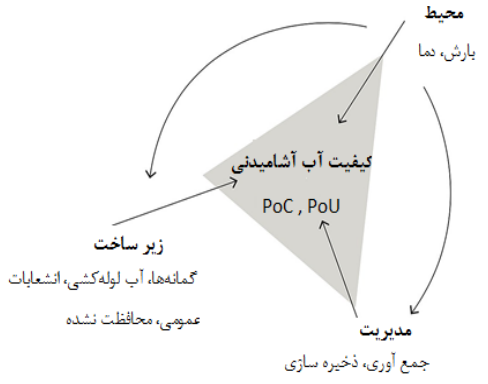
شکل ۷- اصول امنیت غذایی: دسترسی، دست‌یابی، استفاده و ثبات غذایی

سه مولفه امنیت غذایی -در دسترس بودن (داشتن مقادیر کافی غذای مناسب در دسترس)، دسترسی (داشتن درآمد کافی یا سایر منابع برای دسترسی به غذا) و استفاده/ مصرف (دریافت رژیم غذایی کافی و توانایی جذب و استفاده از مواد مغذی در بدن)- پایه‌ای را برای پشتیبانی فنی پیشرفته جهت تقویت سیاست‌ها، برنامه‌ها و سیستم‌های امنیت غذایی در کشورهای در حال توسعه فراهم می‌کند (Nord و Hopwood، ۲۰۰۷). شرایط اقلیمی و جغرافیایی بر توزیع و نوع کاربری اراضی در تأمین منابع تغذیه‌ای موثر هستند (شکل ۸). امنیت آب به عنوان یک چارچوب نظری عمده در حاکمیت محیطی و مدیریت منابع بیان شده است. دسترسی ناایمن به آب پاک و بروز خطرات فاضلاب و تنش و حتی درگیری بر سر منابع آب در سطح داخلی و بین‌المللی اختلالات اقتصادی را افزایش می‌دهد. این خطرات در جایی بالاتر است که آب، کمیاب و حکومت (در سطوح محلی، ملی یا بین‌المللی) ضعیف است.



شکل ۸- پوشش و کاربری اراضی زراعی و غیرزراعی (www.usgs.gov)

کمبود آب و شرایط اقلیمی، فرسودگی یا زیرساخت‌های ناکافی، رشد جمعیت، آلودگی، بلایای طبیعی شدید و مکرر (طوفان، خشکسالی و سیل) نیاز به افزایش سرمایه‌گذاری زیرساخت‌ها و توسعه راهکارهای هوشمند مدیریت و حفاظت از آب را ضروری می‌سازد. کیفیت آب آشامیدنی از عوامل محیطی، شامل رویدادهای آب و هوایی، زیرساخت‌ها و مدیریت در نقطه جمع‌آوری (PoC)[۳] و نقطه استفاده (PoU)[۴] تأثیر می‌پذیرد (شکل ۹).



شکل ۹- عوامل محیطی تاثیرگذار بر کیفیت آب آشامیدنی

تحلیل‌های کمّی جدید برای گسترش دستور کار تحقیقاتی و به طور کلی برای پیشبرد حوزهٔ امنیت آب، بسیار مهم است. یکی از راه‌های پیشبرد بحث امنیت آب و غلبه بر چالش‌های احتمالی رویکردهای پژوهشی متضاد، تجسم جنبه‌های کلیدی مرتبط با امنیت آب است. در اینجا یک مدل چهاربعدی که هر کدام شامل دو بعد مکمل مستقیم-غیرمستقیم، کلان-خرد، فنی-سیاسی و درگیری-صلح، جهت سازماندهی جنبه‌های مختلف امنیت آب پیشنهاد می‌گردد. این رویکرد با مطالعهٔ موردی در مورد روابط جهانی جهت تحلیل، مفهوم‌سازی و ارزیابی کمی امنیت آب و امنیت غذایی در مقیاس کلان، ایجاد گردید.

• **خرد-کلان، هم به صورت مکانی و هم به صورت موقت:** برخی از مطالعات امنیت آب بر روی موضوعات بزرگ مقیاس مانند ژئوپلیتیک، آب‌های فرامرزی و روابط بین‌الملل متمرکز شده‌اند، در حالی که برخی دیگر بر موضوعات محلی متمرکز شده‌اند. بررسی هر دو مورد ضروری است، همانطور که نیاز به اقتصاد کلان و خرد مشهود است و هیچ‌کدام به طور کلی بر دیگری برتری ندارند. بسیاری از مسائل امنیت آب، کوتاه‌مدت یا حاد هستند، در حالی که سایر موارد مزمن هستند و دلایل، ممکن است اجتماعی یا طبیعی باشند.

• **درگیری- صلح:** جوامع تمایل دارند در شرایط عادی، صلح‌آمیز و در شرایط اضطراری و درگیری به شیوه‌های مختلف عمل کنند. سیاست‌های امنیتی اغلب با موضوعات مرتبط با آب ارتباط نزدیکی دارند، مانند زیرساخت‌های حیاتی، طرح‌های خروج آب، تحویل غذا و غیره.

• **مستقیم-غیرمستقیم:** بخش بزرگی از ادبیات امنیت آب بر خود بخش آب متمرکز است که جنبهٔ مستقیم از امنیت آب را تشکیل می‌دهد. با این حال، آب به بخش‌های دیگر مانند کشاورزی، بهداشت، محیط‌زیست، آب و هوا و ناوبری پیوند دارد که نشان‌دهندهٔ نیاز به در نظر گرفتن جنبه‌های غیرمستقیم امنیت آب است. یکی از نمونه‌های اهمیت این گونه جنبه‌های غیرمستقیم، ناشی از اهداف توسعه پایدار سازمان ملل است.

• **فنی-سیاسی:** راه‌های زیادی برای در نظر گرفتن ریسک، آسیب‌پذیری، تاب‌آوری و امنیت وجود دارد. رویکرد فنی‌گرا بر روی کمّی کردن و سپس هدف قرار دادن موضوع تمرکز دارد، به عنوان مثال، زیرساخت‌ها یا دیگر راه‌های فنی و فیزیکی. در حالی که رویکرد سیاسی و جامعه‌شناختی عمدتاً حکمرانی، برابری، روابط قدرت و سیاست‌های مرتبط با استفاده از منابع و امنیت را در نظر می‌گیرد. این دو دیدگاه با وجود اینکه در تقابل قرار می‌گیرند، به یکدیگر نیاز دارند و حتی به یکدیگر وابسته هستند. بنابراین آنها دو روی یک سکه، مانند سخت افزار و نرم افزار هستند.

در حالت ایده‌آل، مطالعه یا خط مشی امنیت آب همهٔ این جنبه‌ها و محورها را پوشش می‌دهد. با این حال، مطالعات و سیاست‌های خاص موظفند ترکیبی از دیدگاه‌ها را انتخاب کنند تا مطالعه را امکان‌پذیر و نتایج را معنادار نگه دارند.

مواد و روش‌ها

• رویکرد آسیب‌پذیری شامل تاب‌آوری اجتماعی[5]

تجزیه و تحلیل مورد بحث در مورد امنیت آب و غذا بر اساس رویکرد آسیب‌پذیری است که از روش شاخص آسیب‌پذیری حوضه رودخانه (RVBI)[6] بسط داده شده است (Varis و همکاران، ۲۰۱۲). شاخص آسیب‌پذیری حوضه رودخانه، شش عامل آسیب‌پذیری که شامل، سه مورد عوامل محیطی (خطرات طبیعی، آثار محیطی و کمبود آب) و سه عامل اجتماعی (اقتصاد، توسعه انسانی، حکومت) هستند را گردآوری نموده و امنیت آب را در مجموعه‌ای از مناطق جغرافیایی در قاره آسیا بررسی می‌کند. در رویکرد مورد بحث، از سه عامل اجتماعی به عنوان یک نماینده ترکیبی برای تاب‌آوری اجتماعی، به منظور تعیین نقش آنها به عنوان بنیاد جامعه برای سازگاری تحت تغییر استفاده گردید. انعطاف‌پذیری یا تاب‌آوری[7] به عنوان یک مفهوم انتخاب شد، زیرا می‌توان آن را به عنوان یک طرف دیگر برای آسیب‌پذیری با پیوندهای نزدیک به توسعه پایدار و امنیت مطرح نمود (Varis و همکاران، ۲۰۱۷). تاب‌آوری صرفاً در مورد حفظ ظرفیت و گزینه‌های توسعه نیست، بلکه یک مسأله امنیت زیست‌محیطی، اجتماعی و همچنین اقتصادی است. اغلب دیده می‌شود که تاب‌آوری به سه شکل متفاوت، اما مرتبط با هم، یعنی تاب‌آوری مرتبط با محیط و اکوسیستم، تاب‌آوری اجتماعی، و تاب‌آوری اقتصادی وجود دارد (Folke و همکاران، ۲۰۰۲). در مطالعه‌ای از مجموعه داده‌های مکانی برای استخراج شاخص تاب‌آوری در سال ۲۰۱۰ استفاده شد. هر یک از این شاخص‌ها بین ۰ تا ۱ مقیاس‌بندی شدند، به طوری که مطلوب‌ترین واحد جغرافیایی جهان مقدار ۱ و کمترین مطلوب مقدار صفر را دریافت کردند. برای چشم‌پوشی از نقاط پرت، ۵٪ از بالاترین و پایین‌ترین مقدار به ترتیب مقدار ۱ و ۰ را دریافت کردند (Varis و همکاران، ۲۰۱۷).

• آسیب‌پذیری آب-غذا

جهت محاسبه آسیب‌پذیری آب-غذا، ابتدا آب -هم آب سبز و هم آب آبی- مورد نیاز برای تولید مواد غذایی در نظر گرفته شد و به در دسترس بودن این منابع، یعنی شاخص کمبود آب سبز-آبی (GBW)[۸] مربوط گردید. پس از در نظر گرفتن خالص واردات مواد غذایی داده شده به هر منطقه، محاسبات در سطح واحدهای تولید مواد غذایی[۹] یعنی FPUها انجام شد. واحدهای تولید مواد غذایی، کره زمین را به ۲۸۱ واحد تقسیم می‌کنند که ترکیبی از حوضه رودخانه‌ها و مناطق اقتصادی هستند. Kummu و همکاران (۲۰۱۰) برخی از بزرگترین واحدهای تولید مواد غذایی را به واحدهای کوچکتر تقسیم کردند که در مجموع ۳۰۹ واحد حاصل شد. برای ارزیابی نیازهای آب سبز-آبی (GWB) تولید غذا در سطح جهان و همچنین در دسترس بودن آن منابع از مدل LPJmL استفاده گردید. این مدل تقاضای آب برای هر محصول در یک مکان مشخص را شبیه‌سازی می‌کند (Bondeau و همکاران، ۲۰۰۷؛ Schaphoff و همکاران، ۲۰۱۳).

در هنگام بررسی مصرف آب مورد نیاز برای تولید یک رژیم غذایی مرجع روزانه ۲۴۰۰ کیلوکالری (پس از تلفات و کسر ضایعات از کل در دسترس بودن غذا) برای هر فرد، ۱۲ محصول رایج وارد گردید. با توجه به نظریه گرتن، نسبت به رژیم غذایی سالم، سهم کالری حیوانی ۲۰ درصد از کل کالری دریافتی است و آب مصرفی شش برابر اجزای رژیم غذایی مبتنی بر گیاه تخمین زده شد (Gerten و همکاران، ۲۰۱۱). جیره در هر واحد آنالیز، شامل مواد غذایی گیاهی است که در آن واحد کشت می‌شود و بنابراین، ترکیب جیره ترجیحات فرهنگی را در نظر می‌گیرد. با این حال، از آنجایی که مواد غذایی حیوانی در هر واحد به ۲۰٪ از کل کالری دریافتی ثابت می‌شود، شبیه‌سازی‌ها تفاوت بین مناطق را در آن جنبه در نظر نمی‌گیرند. سپس برای هر واحد تولید مواد غذایی، مقدار شاخص کمبود آب سبز-آبی محاسبه شد. این نشان می‌دهد که آیا منطقه مورد نظر با فرض رژیم مرجع تعریف شده در بالا، قادر به تولید غذای کافی برای ساکنان خود هست یا خیر. مقدار ۱ دلالت بر این دارد که این منطقه در حد کافی از منابع آبی سبز-آبی برای برآوردن نیازهای غذایی است، در حالی که برای مثال مقدار ۰/۶ نشان می‌دهد که به دلیل محدودیت‌های آب سبز-آبی، تنها می‌تواند ۶۰٪ از نیاز غذایی خود را تأمین کند (Varis و همکاران، ۲۰۱۷).

• تجارت مواد غذایی

تقریباً تمام مناطق کم‌آبی سبز-آبی (GBW) از واردات مواد غذایی برای سازگاری با شرایط کمبود منابع مزمن یا موقت استفاده می‌کنند. در حالی که دسترسی به آب برای تولید غذا در این کشورها حیاتی است، اما مستقیماً با در دسترس بودن غذای واقعی مطابقت ندارد، زیرا کشورها از واردات مواد غذایی به عنوان یکی از ابزارهای مهم برای سازگاری با کمبود آب استفاده می‌کنند (Porkka و همکاران، ۲۰۱۷). به این ترتیب، تجارت مواد غذایی را می‌توان به عنوان یک استراتژی تاب‌آوری (انعطاف‌پذیری) برای پاسخ به کمبودهای مرتبط با آب و غذا در نظر گرفت (در حالی که همچنین اشاره می‌شود که امکانات کشورها برای تکیه بر تجارت مواد غذایی تا حدی به سه عامل تاب‌آوری، به ویژه اقتصاد وابسته است). در این مطالعه، خالص واردات مواد غذایی با تخمین درصد جمعیتی که می‌توانستند از طریق واردات مواد غذایی تغذیه شوند، وارد گردید. به عنوان مثال ۵۰ درصد نشان‌دهندهٔ این است که نیمی از جمعیت می‌توانند از طریق واردات تغذیه شوند، در حالی که مقادیر منفی به این معنی است که یک منطقه صادرکننده مواد غذایی است. ترکیب اینها، پتانسیل کلی برای در دسترس بودن مواد غذایی را فراهم می‌سازد. با در نظر گرفتن پتانسیل تولید و واردات مواد غذایی، امکان بررسی پتانسیل عرضه غذای کافی در واحدهای تولیدی مواد غذایی میسر می‌گردد. این مطالعه، اینکه مواد غذایی از کدام کشورها وارد می‌شوند، در نظر گرفته نشده و لازم به ذکر است، در برخی موارد صادرات مواد غذایی ممکن است استفاده ناپایدار از منابع آبی را افزایش دهد. برای ارزیابی اهمیت انعطاف‌پذیری در توانایی واحد تولید مواد غذایی برای انطباق با کمبود منابع آبی سبز-آبی، رابطه بین تاب‌آوری و تغییر آسیب‌پذیری آب-غذا به دلیل واردات خالص مواد غذایی با همبستگی خطی پیرسون مورد سنجش قرار گرفت.

نتایج

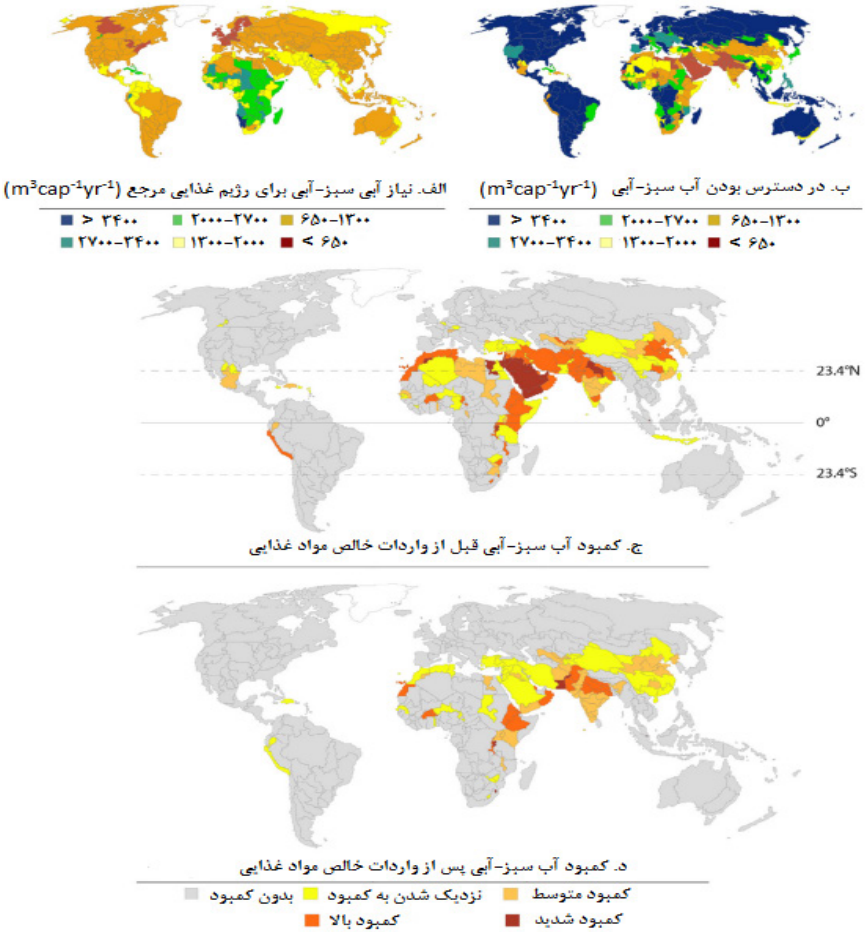
• کمبود آب سبز- آبی

تقاضای آب برای تولید رژیم غذایی مرجع به طور گسترده در سراسر جهان متفاوت است. در حالی که در بسیاری از مناطق اروپای شمالی و مرکزی و همچنین در بخش‌هایی از ایالات متحده و کانادا، سرانه آن زیر ۶۵۰ متر مکعب در سال است، در بخش‌های بزرگی از آسیا از دو برابر این حجم فراتر می‌رود و حتی در آفریقا ۳ تا ۴ برابر می‌شود. (شکل ۱۰- الف). دلایل این تنوع بالا تا حدی به دلیل شیوه‌های کشاورزی و فناوری‌های در حال استفاده و تا حدودی به دلیل عوامل اقلیمی است. هر چه روش‌های کشت، کودها و ارقام کشت اصلاح شده‌تر استفاده شود، آب کمتری برای تولید یک واحد محصول، مورد نیاز است. آب و هوا به نوبه خود بر تبخیر تأثیر می‌گذارد. هر چه آب و هوا گرم‌تر و خشک‌تر باشد، حجم بیشتری از آب در تولید مواد غذایی تبخیر می‌شود. در بیشتر نقاط کره زمین، منابع آبی موجود بیش از نیاز آبی برای تولید جیرهٔ مرجع است (شکل ۱۰- الف و ب). قابل توجه‌ترین مناطقی که در دسترس بودن شرایط را برآورده نمی‌کند (و کمبود آب رخ می‌دهد)، در چندین مکان از شمال و شرق

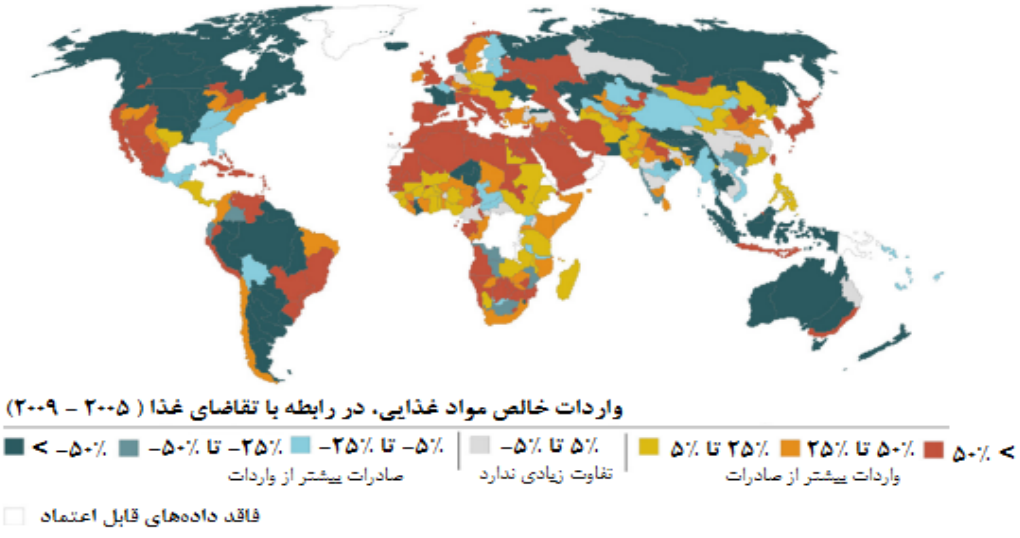
آفریقا، خاورمیانه و جنوب آسیا و همچنین در چین است (شکل ۱۰- ج). این مناطق در معرض کمبود آب سبز-آبی بالا (شاخص آب سبز-آبی ۰/۵ تا ۱) یا کمبود آب سبز-آبی شدید (کمتر از ۰/۵) هستند (شکل ۱۰- ج) و حدود دو میلیارد نفر (یا ۳۰٪ از کل جمعیت جهان) در آن مناطق زندگی می‌کنند، در حالی که دو میلیارد نفر دیگر در مناطقی زندگی می‌کنند که با کمبود متوسط (۱- ۱/۵) یا نزدیک به کمبود آب سبز- آبی GBW (۱/۵ تا ۲) مواجه هستند (جدول کوچک در قسمت پایین شکل ۱۲ -الف).

• واردات مواد غذایی به عنوان یک استراتژی سازگاری با کمبود آب سبز-آبی

واردات مواد غذایی، دیدگاه اساسی برای جبران ناکافی بودن قابلیت تولید مواد غذایی ناشی از عواملی مانند کمبود آب است. شکل (۱۱) واردات خالص مواد غذایی به هر یک از واحدهای تولید مواد غذایی را به عنوان درصد کل تقاضای غذا نشان می‌دهد که به طور میانگین طی سال های ۲۰۰۵- ۲۰۰۹ می‌باشد. جالب توجه است که تعداد زیادی از واحدهای تولید مواد غذایی صادرکنندهٔ خالص مواد غذایی نبوده و حتی بیشتر واحدهای تولید مواد غذایی، واردکننده خالص بودند. به ویژه قارهٔ آفریقا و همچنین بسیاری از مناطق اروپا و بخش‌های بزرگی از آسیا برای تأمین نیاز غذایی خود وابسته به واردات هستند. مقایسه شکل (۱۰- ج و د)، فرصتی است برای بررسی تئوری نقش واردات، که چگونه واردات، کم‌آبی موجود در واحدهای تولیدی مواد غذایی که به جهت ناکافی بودن دسترسی به آب سبز-آبی، قادر به تأمین تقاضای مواد غذایی نیستند را کاهش داده و باعث بهبود شرایط می‌گردد. نواحی بسیار پرجمعیت شامل چین، سرتاسر هند تا خاورمیانه و ترکیه، حتی پس از در نظر گرفتن واردات با کمبود آب سبز-آبی مواجه هستند. چالش برانگیزترین مناطق را می‌توان در پاکستان، حوضه گنگ و عمان یافت (شکل ۱۰ -د). همین امر در مناطق خاصی از آفریقا، به ویژه در اتیوپی، اریتره، مالاوی، بورکینافاسو، سوازیلند و مراکش اتفاق می‌افتد. مصر و تانزانیا نیز چالش‌های قابل توجه‌ای دارند. در همان زمان، کشورهای مختلف خاورمیانه توانستند وضعیت خود را به کاهش کم‌آبی نزدیک کنند.



شکل ۱۰- نیاز تولید غذا در مقابل آب شیرین موجود در هر واحد تولید غذا (Varis) (FPU و همکاران، ۲۰۱۷)
الف. آب سبز-آبی (GBW)مورد نیاز برای تولید مواد غذایی مرجع. ب. در دسترس بودن آب سبز-آبی(GBW) به ازای هر واحد تولید مواد غذایی(FPU). ج. کمبود GBW بدون واردات خالص مواد غذایی. د) کمبود GBW پس از واردات خالص مواد غذایی. شاخص GBW برای کمبود شدید: ۰/۵ > ، کمبود بالا: ۰/۵ – ۱ ،کمبود متوسط: ۱-۱/۵ و نزدیک به کمبود ۲- ۱/۵ است.



شکل ۱۱- درصد واردات خالص مواد غذایی از کل تقاضای مواد غذایی توسط واحدهای تولید مواد غذایی به طور متوسط طی سال‌های ۲۰۰۵- ۲۰۰۹ (Varis و همکاران، ۲۰۱۷)

• تاب‌آوری

نقشه‌های تاب‌آوری شامل سه عامل،حکومت (شکل ۱۲-الف)، اقتصاد (شکل ۱۲-ب) و توسعه انسانی (شکل ۱۲-ج)، شباهت‌های زیادی دارند. آمریکای شمالی، بخش‌هایی از اروپا، ژاپن، جمهوری کره، استرالیا و نیوزلند و بخش‌هایی از آمریکای لاتین (به‌ویژه شیلی)، انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری بالایی را در تمام این جنبه‌ها نشان می‌دهند. آفریقا و برخی از واحدهای تولید مواد غذایی در آسیا (به ویژه افغانستان) به نوبهٔ خود تاب‌آوری پایینی از خود نشان می‌دهند. حکمرانی نسبت به سایر عوامل، حوزه‌های کمتری را در بالاترین رده‌های تاب‌آوری نشان می‌دهد. شاخص تاب‌آوری تجمیع شده (شکل ۱۲-د)، میانگین نقشه‌های توصیف شده در بالا را بیان می‌دارد. وضعیت چالش برانگیز بخش‌های وسیعی از آفریقا، اوکراین، سوریه و عراق، مغولستان، جمهوری کره، بخش بزرگی از واحدهای تولید مواد غذایی از ترکمنستان و ازبکستان تا جزایر سوندا، و برخی واحدهای تولیدکنندهٔ غذا در آمریکای لاتین در این نقشه کاملاً مشخص می‌شود.

• اهمیت تاب‌آوری در سازگاری با کمبود آب سبز-آبی

یک سوال جالب این است که چگونه تاب‌آوری اجتماعی با کمبود آب سبز-آبی (GBW) در مناطق مختلف مرتبط است. برای درک بهتر این موضوع، اینکه آیا یک رابطهٔ آماری بین تاب‌آوری و کمبود آب سبز-آبی (از جمله واردات خالص) در بین واحدهای تولید مواد غذایی وجود دارد، مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱۳). ابتدا میزان تغییر شاخص کمبود در نتیجهٔ غذای وارداتی مورد محاسبه قرار گرفت و سپس با استفاده از تحلیل همبستگی پیرسون، با تاب‌آوری مرتبط گردید. واحدهای تولید مواد غذایی به سه دسته تقسیم گردیدند:

۱- آنهایی که در کمبود زیاد یا شدید قرار دارند (بدون واردات خالص، کمبود آب سبز-آبی کمتر از ۱)

۲- آنهایی که تحت کمبود متوسط یا نزدیک به آن هستند (کمبود آب سبز-آبی بین ۱ و۲)

۳- آنهایی که هیچ کمبودی ندارند (کمبود آب سبز-آبی و بیشتر از ۲)

و انجام شد. هنگام بررسی با آزمون Shapiro-Wilk، توزیع بد انحراف[۱۰] نبود. و اطمینان نسبی در دفاع از نتایج با استفاده از همبستگی پیرسون حاصل گردید، اگرچه همه مفروضات برآورده نشدند. برای متغیر مستقل، از تابع پیوند درجه سه[۱۱] برای دو گروه اول استفاده گردید که بهترین همبستگی را از توابع معمول مورد استفاده، ارائه دادند و برای گروه سوم، به دلیل عدم بهبود همبستگی[۱۲]، از تابع پیوند استفاده نشد. شایان ذکر است، در حالی که تابع پیوند مقادیر R و p بالاتری را به همراه داشت، وضعیت اهمیت آماری در سطح $P<0.05$ تغییری نکرد. در نهایت، واحدهای تولید مواد غذایی بدون داده‌ای برای واردات خالص (شکل ۱۱) و واحدهای تولید مواد غذایی شدید با بیش از ۵۰۰ درصد صادرات خالص در رابطه با تقاضای غذا حذف گردیدند.

هنگام ارزیابی واحدهای تولید مواد غذایی تحت کمبود زیاد یا شدید و بدون واردات خالص، رابطه قوی بین تاب‌آوری و توانایی آنها برای بهبود کمبود با واردات مواد غذایی مشخص گردید به گونه‌ای که :

$(R=0.657 \quad P<0.0001 \quad n=50)$

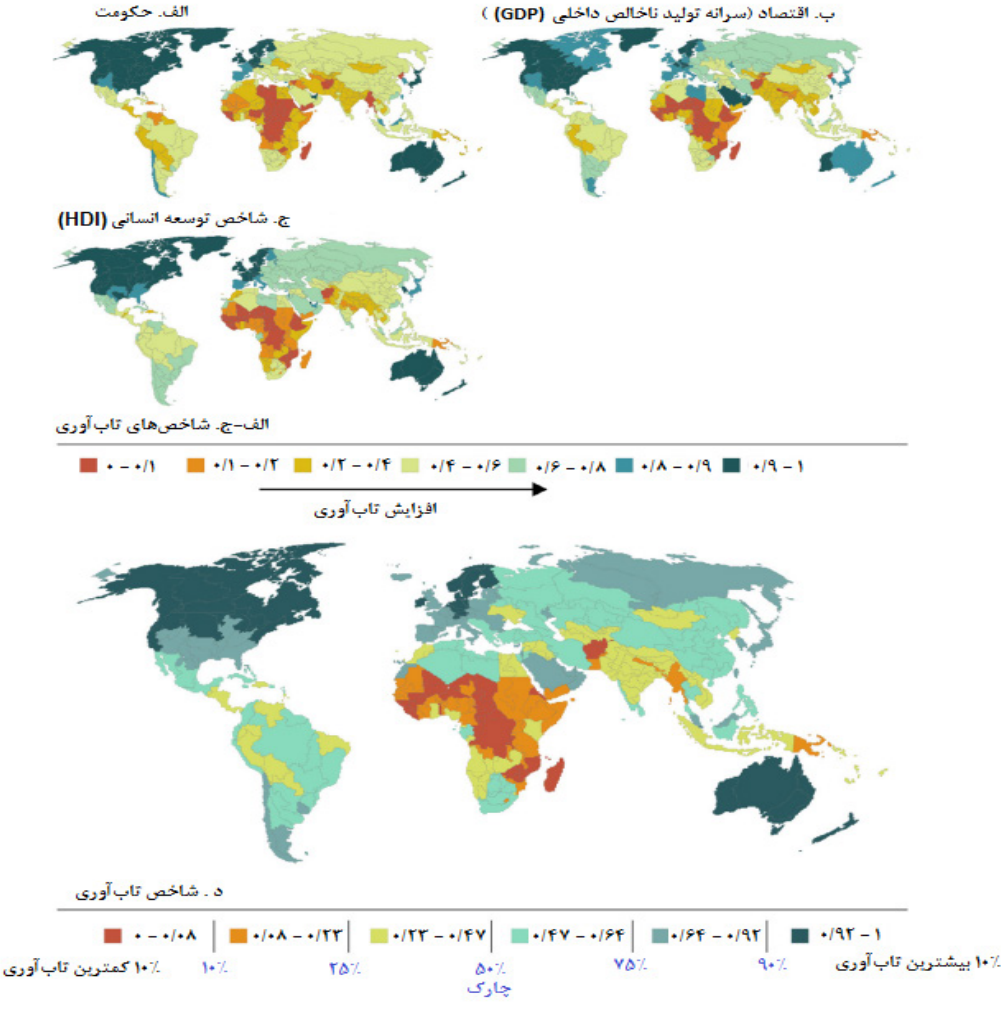
اما این رابطه همچنان از نظر آماری برای واحدهای تولیدی مواد غذایی با کمبود متوسط یا نزدیک، به طور قابل ملاحظه‌ای ضعیف‌تر بود:

$(R=0.338 \quad P<0.01 \quad n=58)$

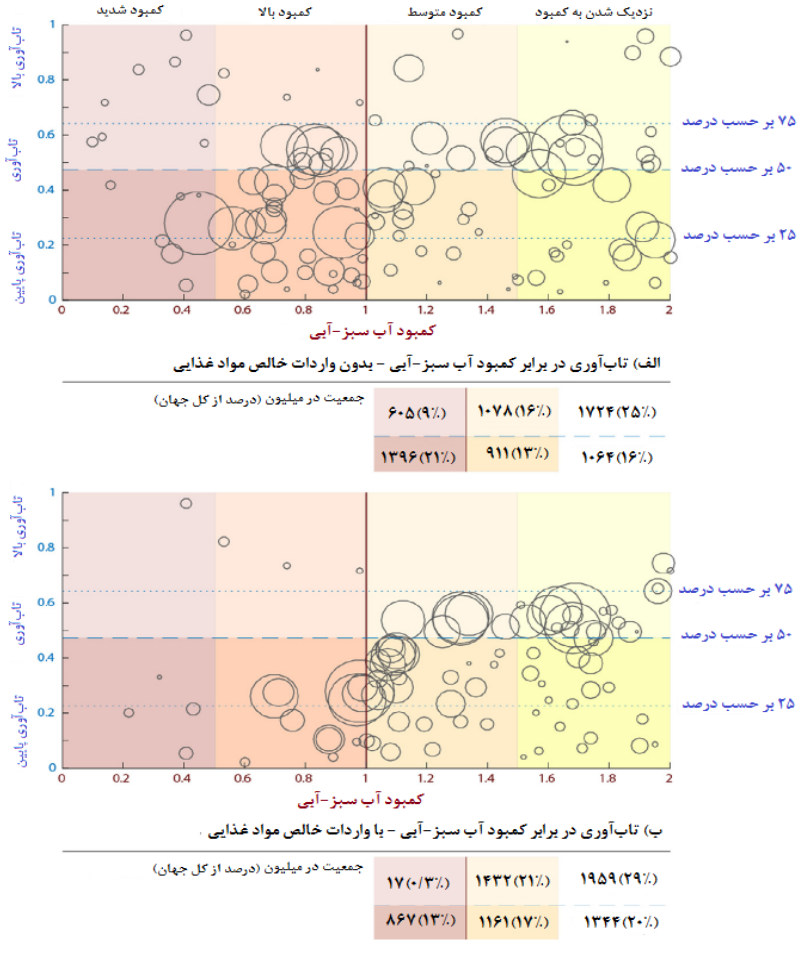
در حالی که هیچ رابطه آماری معنی‌داری در گروه واحدهای تولید مواد غذایی بدون کمبود یافت نشد:

$(R=-0.103 \quad P=0.177 \quad n=173)$

این نشان می‌دهد که واحدهای تولید مواد غذایی با تاب‌آوری بالا، نسبت به واحدهای با تاب‌آوری پایین، بهتر می‌توانند با کمبود آب سبز-آبی سازگار شوند. در مناطق بدون کمبود، این رابطه از نظر آماری معنی‌دار نبوده و برخلاف واحدهای تولید مواد غذایی که با کمبود مواجه بودند، عمل نمود به عبارت دیگر، هر چه تاب‌آوری بیشتر باشد، صادرات بیشتر می‌شود. رابطه تاب‌آوری هر واحد تولید مواد غذایی در برابر کمبود آب سبز-آبی در شرایط وجود و عدم وجود واردات خالص، به صورت جداگانه ترسیم گردید (شکل ۱۳). این تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که تقریباً تمام واحدهای تولید مواد غذایی با تاب‌آوری بالاتر از میانگین جهانی توانستند از منطقه کمبود شدید و زیاد دور شوند و در نتیجه جمعیت در آن قسمت از ماتریس از ۶۰۵ میلیون به ۱۷ میلیون کاهش یافت. در همان زمان با در نظر گرفتن واردات خالص مواد غذایی، جمعیت واحدهای تولید مواد غذایی با کمبود آب سبز-آبی کمتر از ۱ و تاب‌آوری زیر میانگین جهانی از ۱۳۹۶ به ۸۶۷ میلیون کاهش داشت (شکل ۱۳). تاب‌آوری هر واحد تولید مواد غذایی در برابر شاخص کمبود آب سبز-آبی آن در شکل (۱۳) ترسیم شده است. در این شکل، اندازهٔ حباب نشان‌دهندهٔ جمعیت یک واحد تولید غذای معین است؛ جداول کوچک کل جمعیت را در هر بخش از ماتریس، با درصد جهانی نشان می‌دهد. جمعیت در داخل پرانتز مشخص شده است. نکته: بسیاری از واحدهای تولیدی مواد غذایی با توجه به واردات خالص مواد غذایی از کمبود متوسط و نزدیک شدن به مقوله‌های کمبود به «عدم کمبود» منتقل شدند و بنابراین در قسمت (ب) قابل مشاهده نیستند.



شکل ۱۲- تاب‌آوری: سه عامل تاب‌آوری (الف) حکومت، (ب) اقتصاد، (ج) توسعه انسانی و (د) شاخص تاب‌آوری جمعی. (شاخص تاب‌آوری به عنوان مقدار متوسط سه عامل تاب‌آوری محاسبه می‌شود)



شکل ۱۳- تاب‌آوری هر واحد تولید مواد غذایی در برابر شاخص کمبود آب سبز-آبی. الف- وضعیت بدون واردات خالص؛ و ب- وضعیت پس از واردات خالص

نتیجه‌گیری

چالش‌های امنیت آب، معمولاً با چندین بخش دیگر در هم تنیده است. بخش‌هایی به صورت مستقیم (که صرفاً با آب سر و کار دارد) و بخش‌هایی به صورت غیر مستقیم (که شامل بخش‌های منتخب مرتبط با آب و جنبه‌های امنیتی آنها می‌شود) تأثیرگذار هستند. این تحلیل بر اهمیت جنبه‌های غیرمستقیم امنیت آب با نگاهی به ارتباط بین تولید آب و غذا، که تا حد زیادی بزرگترین بخش مصرف‌کننده آب در جهان است، تمرکز می‌کند. در این مطالعه در دسترس بودن آب شیرین و آب مورد نیاز برای تولید غذا با ظرفیت سازگاری عمومی جامعه، یعنی تاب‌آوری ترکیب گردید. این تجزیه و تحلیل یک تحلیل جهانی از امنیت آب-غذایی را ارائه می‌دهد که به طور سیستماتیک، تاب‌آوری اجتماعی در برابر مسائل مربوط به آب و امنیت غذایی را در بر می‌گیرد.

استدلال شد که آسیب‌پذیری و تاب‌آوری (انعطاف‌پذیری) موضوعات مرتبط با امنیت آب هستند. ظهور تاب‌آوری به عنوان یک رویکرد مرتبط برای زمینه‌های اجتماعی-اکولوژیکی، امنیت عمومی و تمهیدات امنیت نظامی نشان می‌دهد که تاب‌آوری می‌تواند چارچوب‌های مفیدی را نیز برای بحث امنیت آب ارائه دهد. به همین دلیل، تاب‌آوری ممکن است راهی برای پیوند دادن دو عبارت کلیدی امنیت آب، یعنی آب و امنیت، ارائه دهد. آسیب‌پذیری و تاب‌آوری را می‌توان به عنوان بلوک‌های سازنده پایداری در نظر گرفت؛ بنابراین ممکن است به عنوان یکی از راه‌های تقویت پیوند بین امنیت آب و توسعه پایدار استفاده شود. از نظر روش‌شناسی، یک رویکرد کمّی، برای تجزیه و تحلیل پیوندهای متقابل امنیت آب و غذا در مقیاس کلان و با استفاده از داده‌ها و تصاویر هوایی مورد بررسی قرار گرفت و البته این تحلیل تنها یکی از دیدگاه‌های بی‌شمار در مورد امنیت آب را ارائه می‌کند، که به‌عنوان یک مفهوم، جنبه‌های بسیاری دارد و می‌توان به روش‌های متعددی از زوایای مختلف به آن پرداخت.

سپاسگزاری

از راهنمایی‌های ارزشمند جناب آقای دکتر داوری در تدوین ساختار یادداشت تحلیلی، تشکر و قدردانی می‌شود.

پی‌نوشت

1-over 70% of all global water withdrawals
2-up to 90% of water consumption
3-point of collection (PoC)
4-point of use (PoU)
5-Vulnerability approach including societal resilience
6-River Basin Vulnerability Index (RVBI)
7-resilience
8-green-blue water (GBW) scarcity index
9-Food Production Units . FPUs
10-badly skewed
11-power-to-3 link function
12-no improvement in correlation

منابع

Aboelnga H.T., Ribbe L., Frechen F.B. and Saghir J. 2019. Urban water security: Definition and assessment framework. Resources, 8(4): 178. doi.org/10.3390/resources8040178

Aliaga M.A. and Chaves-Dos-Santos S.M. 2014. Food and nutrition security public initiatives from a human and socioeconomic development perspective: mapping experiences within the 1996 World Food Summit signatories. Social science & medicine, 104: 74-79. doi.org/10.1016/j.socscimed.2013.12.025

Bondeau A., Smith P.C., Zaehle S., Schaphoff S., Lucht W., Cramer W., Gerten D., LOTZE-CAMPEN, H.E.R.M.A.N.N., Müller C., Reichstein M. and Smith B. 2007. Modelling the role of agriculture for the 20th century global terrestrial carbon balance. Global Change Biology, 13(3): 679-706. doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01305.x

Capone R., Bilali H.E., Debs P., Cardone G. and Driouech N. 2014. Food system sustainability and food security: connecting the dots. Journal of Food Security, 2(1):13-22. doi:10.12691/jfs-2-1-2.

Clapp J., Moseley W.G., Burlingame B. and Termine P. 2022. The case for a six-dimensional food security framework. Food Policy, 106(4): 102164. doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102164

Folke C., Carpenter S., Elmqvist T., Gunderson L., Holling C.S. and Walker B. 2002. Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. AMBIO: A journal of the human environment, 31(5): 437-440. doi.org/10.1579/0044-7447-31.5.437

Gain A.K., Giupponi C. and Wada Y. 2016. Measuring global water security towards sustainable development goals. Environmental Research Letters, 11(12): 124015. doi.10.1088/1748-9326/11/12/124015

Gerten D., Heinke J., Hoff H., Biemans H., Fader M. and Waha K. 2011. Global water availability and requirements for future food production. Journal of hydrometeorology, 12(5): 885-899. http://www.usgs.gov/centers/western-geographic-science-center/science/global-food-security-support-analysis-data-30-m

Kummu M., Guillaume J.H., de Moel H., Eisner S., Flörke M., Porkka M., Siebert S., Veldkamp T.I. and Ward P.J. 2016. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. Scientific reports, 6(1): 38495. doi.org/10.1038/srep38495

Kummu, M., Ward, P.J., De Moel, H. and Varis, O. 2010. Is physical water scarcity a new phenomenon? Global assessment of water shortage over the last two millennia. Environmental Research Letters, 5(3): 034006. doi: 10.1088/1748-9326/5/3/034006

Lang T. and Barling D. 2012. Food security and food sustainability: reformulating the debate. The Geographical Journal, 178(4): 313-326. doi.org/10.1111/j.1475-4959.2012.00480.x

Nord M. and Hopwood H. 2007. Does interview mode matter for food security measurement? Telephone versus in-person interviews in the Current Population Survey Food Security Supplement. Public Health Nutrition, 10(12): 1474-1480. doi.org/10.1017/S1368980007000857

Porkka M., Guillaume J.H., Siebert S., Schaphoff S. and Kummu M. 2017. The use of food imports to overcome local limits to growth. Earth's Future, 5(4): 393-407. doi.org/10.1002/2016EF000477

Schaphoff S., Heyder U., Ostberg S., Gerten D., Heinke J. and Lucht W. 2013. Contribution of permafrost soils to the global carbon budget. Environmental Research Letters, 8(1): 014026. doi.10.1088/1748-9326/8/1/014026.

UN-Water. 2013. Water Security and Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief; United Nations University, Institute for Water, Environment and Health: Hamilton, ON, Canada.

Varis O., Keskinen M. and Kummu M. 2017. Four dimensions of water security with a case of the indirect role of water in global food security. Water Security, 1: 36-45. doi.org/10.1016/j.wasec.2017.06.002

Varis O., Kummu M. and Salmivaara A. 2012. Ten major rivers in monsoon Asia-Pacific: An assessment of vulnerability. Applied Geography, 32(2): 441-454. doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.05.003

Zeitoun M. 2011. The global web of national water security. Global Policy, 2(3): 286-296. doi.org/10.1111/j.1758-5899.2011.00097.x