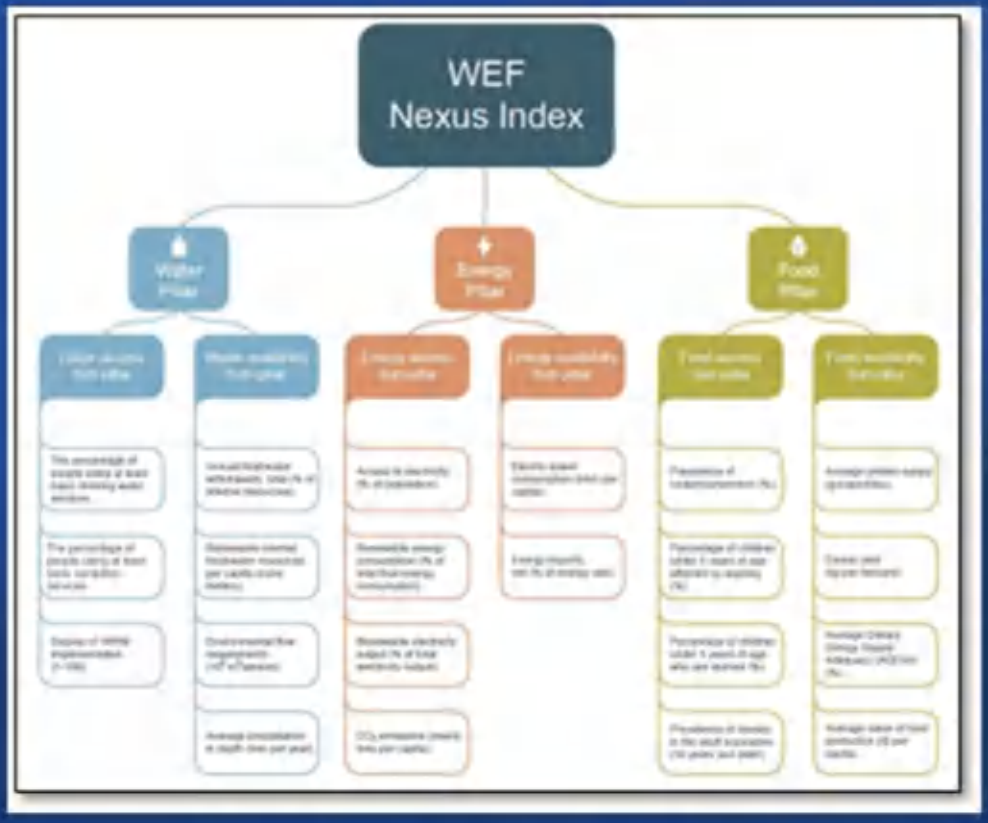
THE WATER-ENERGY-FOOD NEXUS INDEX: A TOOL TO SUPPORT INTEGRATED RESOURCE PLANNING, MANAGEMENT AND SECURITY

شاخص پیوند آب-انرژی-غذا: ابزاری برای پشتیبانی از برنامه ریزی، مدیریت و امنیت یکپارچه منابع

آقای گرت سیمپسون به همراه همکاران خود در سال 2022 تحقیقی را انجام دادند که نتیجه این تجزیه و تحلیل‌ها این بود که مجموعه‌ای از 21 شاخص انتخاب شد که شاخص ترکیبی آب، انرژی و مواد غذایی(WEF NEXUS[1] INDEX) را تشکیل می‌دهند. ساختار این شاخص در شکل 1 نمایش داده شده است. داده‌های کافی برای محاسبه این شاخص برای 181 کشور موجود است.



شکل - شماتیکی از شاخص نکسوس آب-انرژی-غذا به همراه ستون‌ها، زیرستون‌ها و شاخص‌های تشکیل‌دهنده آن

1. WATER-ENERGY-FOOD

شاخصWEF NEXUS برای 181 کشوری که داده‌های کافی برای سال 2019 داشتند، محاسبه شده است، که در شکل 2 ارائه شده است. پنج کشور برتر این شاخص به ترتیب ایسلند، کانادا، نروژ، زلاند نو و ایالات متحده آمریکا هستند، در حالی که پنج کشور با کمترین رتبه شامل اریتره، سودان جنوبی، چاد، سومالی و هائیتی هستند. از جمله 20 کشور برتر در این شاخص، 12 کشور از سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD[2]) هستند. در حالی که 20 کشور با بالاترین رتبه اصولاً کشورهای توسعه یافته هستند، چهار کشور آمریکای جنوبی و سه کشور آسیایی نیز در این لیست حضور دارند. چهار کشور آمریکای جنوبی در 20 کشور برتر شامل برزیل، اروگوئه، کلمبیا و پاراگوئه هستند. سه کشور آسیایی بهوتان، هنگ‌کنگ و لائو هستند. در حالی که هیچ کشور آفریقایی در 20 کشور برتر این شاخص حضور ندارد، جالب است که 17 کشور با کمترین رتبه از آفریقا هستند. بر اساس این نتیجه، یک تحلیل از شاخص ترکیبی آب، انرژی و مواد غذایی برای اتحادیه توسعه آفریقای جنوبی (SADC[3]) ارائه شده است.

شکل - نقشه جهانی شاخص نکسوس آب-انرژی-غذا با تمرکز بر روی کشورهای انتخابی

2. ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT
3. SOUTHERN AFRICAN DEVELOPMENT COMMUNITY

با بررسی ستون‌ها، زیرستون‌ها و شاخص‌های زیرین، وضعیت اتحادیه توسعه آفریقای جنوبی (SADC) از حیث دسترسی و قابلیت دسترسی به آب، انرژی و مواد غذایی آشکار می‌شود و نیازهای باقیمانده برای این منطقه برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار (SDGS[4]) و نقشه‌های کمیته ملی کنترل تغییر اقلیمی (NDCS[5]) را تأکید می‌کند. جدول 1 مقادیر میانگین و رتبه شاخص ترکیبی WEF NEXUS را برای 16 کشور SADC همراه با مقادیر میانگین و میانه ارائه می‌دهد.

Country	WEF Nexus Rank Index		Water pillar	Energy pillar	Food pillar	Water resource sub-pillar	Water availability sub-pillar	Energy resource sub-pillar	Energy availability sub-pillar	Food resource sub-pillar	Food availability sub-pillar
Angola	40.9	146	45.0	50.9	43.9	30.5	61.2	51.0	50.7	69.4	18.4
Botswana	41.8	171	46.6	40.0	38.5	26.2	66.5	48.0	32.0	59.8	17.3
Comoros	55.8	96	50.3	74.9	42.4	42.1	58.6	74.9	-	66.3	18.4
Congo, Dem. Rep.	45.4	160	47.6	52.2	36.3	21.6	74.0	58.1	46.2	66.4	6.3
Eswatini	52.6	124	46.3	66.7	44.9	52.9	66.6	66.7	-	71.9	17.9
Lesotho	47.4	144	44.7	53.5	43.9	43.2	46.2	50.8	-	73.3	14.6
Madagascar	43.8	175	44.9	46.2	31.3	23.6	66.3	46.2	-	49.4	13.1
Malawi	45.0	150	45.6	46.3	43.6	44.0	47.1	46.3	-	71.9	15.7
Mauritius	58.2	89	72.6	61.0	61.0	94.2	50.9	66.3	12.9	95.4	26.6
Mozambique	45.5	152	47.2	53.0	36.3	33.9	60.4	54.9	51.1	63.9	14.7
Namibia	43.3	169	49.6	36.4	39.8	54.4	43.8	66.3	16.4	65.2	14.4
Seychelles	61.5	64	74.7	63.2	46.4	79.0	70.5	62.2	-	75.1	14.8
South Africa	55.1	108	56.4	57.7	52.3	71.2	33.6	54.7	60.6	68.0	35.9
Tanzania	44.9	162	43.2	47.9	43.7	33.6	53.9	50.8	44.7	64.3	19.0
Zambia	45.5	159	48.6	53.1	35.3	38.2	59.9	58.6	47.5	56.5	14.1
Zimbabwe	43.7	167	44.2	49.7	34.0	48.7	39.3	55.7	43.7	57.5	10.7
Average	**48.3**	**140.4**	**50.4**	**52.3**	**42.3**	**47.4**	**53.4**	**57.0**	**40.9**	**67.2**	**17.4**
Median	**46.1**	**154**	**47.0**	**51.5**	**43.0**	**43.8**	**54.9**	**55.0**	**46.1**	**66.3**	**15.2**

جدول - WEF NEXUS INDEX، رتبه‌ها، مقادیر ستون و زیرستون برای 16 کشور از اتحادیه توسعه آفریقا جنوبی (SADC).

دو کشور برتر اتحادیه توسعه آفریقای جنوبی (SADC) از نظر شاخص ترکیبی WEF NEXUS، سیشل و موریس هستند که به ترتیب رتبه جهانی 64 و 89 را دارند. همچنین دو کشور با کمترین رتبه در SADC ماداگاسکار و بوتسوانا هستند که به ترتیب رتبه جهانی 175 و 171 را دارند.

میانگین امتیازهای ستون‌های آب، انرژی و مواد غذایی برای کشورهای اتحادیه توسعه آفریقای جنوبی (SADC) به ترتیب برابر با 50.4، 52.3 و 42.3 است. بنابراین، بین این سه ستون، انرژی براساس میانگین بیشترین رتبه را داشته و ستون غذایی براساس میانگین پایین‌ترین رتبه دارد.

4. SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS
5. NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTIONS

مجمع‌الجزایر قمر با بالاترین امتیاز در ستون انرژی (74.9) است، سیشل با بالاترین امتیاز در ستون آب (74.7) قرار دارد، و موریس (61.0) بالاترین امتیاز را در ستون غذایی دارد که نشان‌دهنده دسترسی و تامین نسبتاً خوب این منابع برای جمعیت این کشورها است. هفت کشور امتیاز ستون غذایی زیر 40 را دارند. آفریقای جنوبی، موریس، مجمع‌الجزایر قمر و سیشل ارزش‌های شاخص نسبتاً بالایی دارند. جالب است که برای موریس، ستون انرژی کمترین امتیاز را از کشورهای دیگر دارد، اما ستون غذایی بالاترین امتیاز را دارد. در کشورهای با رتبه پایین‌تر، به‌طور کلی ستون غذایی با پایین‌ترین رتبه قرار دارد، به استثنای تانزانیا که آب به‌عنوان پایین‌ترین است.

هدف استفاده از اینگونه مطالعه، نشان‌دادن این است که چگونه شاخص WEF NEXUS و ستون‌ها، زیرستون‌ها و شاخص‌های آن می‌توانند به عنوان یک عامل محرک برای ارزیابی‌های WEF NEXUS استفاده شوند. مجموعه‌ای از 16 چارت شعاعی در شکل 8، شش زیرستون (هر چه در دسترس باشد) برای هر کشور عضو جنوب آفریقا (SADC) را نشان می‌دهد. از این گراف‌ها، مشخص است که دسترسی به منابع آب، انرژی و غذا در این منطقه دشوار و متفاوت است.

شکل - نمودارهای راداری از زیرستون‌ها برای 16 کشور از اتحادیه توسعه آفریقا جنوبی (SADC).

مطالعات نشان داده است که کمترین ستون برای کشورهای عضو جنوب آفریقا (SADC)، به طور میانگین، ستون غذا است. در دومین مرتبه، کمترین زیرستون، به طور میانگین، زیرستون دسترسی به غذا می‌باشد. سومین مورد، ارزش پایین زیر ستون در دسترس بودن مواد غذایی را می توان عمدتاً به عملکرد پایین غلات و متوسط ارزش پایین تولید مواد غذایی در این منطقه نسبت داد. به طور کلی، این نشان می‌دهد که برای بهبود دسترسی و تامین غذا از طریق استفاده از منابع آب و انرژی موجود، مداخلات حیاتی لازم هستند. در این زمینه، سازمان آب ملل متحد در سال 2018 (UN WATER) اعلام کرده است که آفریقای جنوب‌صحرا (SUB SAHARAN AFRICA) با بالاترین سطح امنیت غذایی روبرو است و تقریباً 30% از جمعیت این منطقه تحت تأثیر آن قرار دارند. شرایط کشاورزی کشورهایی مانند زامبیا نشان می‌دهد که می‌توان بهره‌برداری از ظرفیت کشاورزی این کشورها را برای سود کل منطقه به کار برد. درحالی که طبق آمار بانک‌جهانی عجیب است که کشورهای حاصلخیزی مانند زامبیا سطوح بالایی از کم‌توانی غذایی را تجربه می‌کنند.

هشت کشور عضو جنوب آفریقا (SADC) سطوح سالانه برداشت آب تازه کمتر از 5٪ از منابع داخلی کل خود دارند، به عبارت دیگر سطوح کمی از برداشت آب را دارند. اگر این منابع آب موجود به طور مفید برای تولید محصولات غذایی استفاده شوند، سهمی که از طریق ایجاد مقاومت در برابر خشکسالی در کشاورزی دیمی یا "یک روند مثبت پایدار در توسعه آبیاری" به وجود می‌آید یا بهتر است از هر دو روش استفاده کرد، این رفتار می تواند به حل مسائل امنیت غذایی در این منطقه کمک کند.

چنین اقداماتی باید با تلاش‌ها برای افزایش توازن مواد مغذی (از طریق افزودن کود مناسب)، دسترسی به بازارها، آموزش و تحقیقات کشاورزی همراه شوند. از نظر همزیستی، فرصتی واضح برای تولید غذا به وسیله استفاده از منابع آب موجود در چند کشور SADC وجود دارد. این کار امنیت غذایی را افزایش می‌دهد و سطوح کم‌توانی غذایی، تلف شدن و کوتاهی رشد را کاهش می‌دهد، در حالی که ارزش ستون‌های آب و غذا را افزایش می‌دهد. اما از سمتی نیاز به انرژی بیشتری را ایجاد می‌شود.

برای بهینه‌سازی، تصفیه، انتقال و آبیاری آب نیاز به انرژی است. تمام کشورهای عضو جنوب آفریقا (SADC) به استثنای سیشل، سطح دسترسی به برق آنها کمتر از میانه مقدار جهانی است و نیمی از جمعیت در نه کشور از این کشورها دسترسی به برق ندارند. مصرف برق به ازای هر نفر به مقدار کمی است که با میانگین جهانی 2.584 کیلووات ساعت به ازای هر نفر مقایسه می‌شود. RES4AFRICA و ENEL در سال 2019 اعلام کردند که شاخص WEF "یک چشم‌انداز نوآورانه را برای پر کردن شکاف دسترسی به انرژی با در نظر گرفتن انرژی به عنوان موتور توسعه" ارائه می‌دهد. از دیدگاه وابستگی به نکسوس، فرصت‌های واضحی برای توسعه سیستم های انرژی به نحو مفید برای استفاده از آب موجود به منظور تسهیل توسعه کشاورزی افزایش یافته و امنیت غذایی وجود دارد. این فلسفه با نظر معاون دبیرکل سازمان ملل متحد، آمینه محمد، که گفت "انرژی پایدار، نخ طلایی است که اکثر اهداف توسعه پایدار و تعهد به رها نکردن کسی را به یکدیگر مرتبط می‌کند" همخوانی دارد.
کشورهای عضو جنوب آفریقا (SADC) یک شبکه انرژی به نام «استخر قدرت جنوب آفریقا(SAPP[6]) » را به اشتراک می‌گذارند و چند کشور در این ناحیه برق را به یکدیگر صادر و وارد می‌کنند تا نیازهای محلی خود را برآورده کنند. یک تناقض در آفریقا این است که برخی از کشورها مانند آنگولا و موزامبیک، جمعیتشان با سطوح پایین دسترسی به برق و مصرف کم برق به ازای هر نفر رنج می‌برند، اما همچنان انرژی صادر می‌کنند (به ویژه کشور آنگولا) که این نشان‌دهنده تضاد احتمالی افزایش تامین انرژی برای جمعیت محلی در مقابل درآمدهای خارجی کمتر است. تناقض دیگر آن است که کشوری مانند آفریقای جنوبی انرژی را صادر می‌کند، اما برای بیش از دهه‌ها با مشکلات قطعی برق مواجه است. موریس، بوتسوانا و نامیبیا سه کشور SADC دیگر هستند که به واردات انرژی وابسته هستند.

هیدروپاور[7] بخش قابل توجهی از تأمین انرژی منطقه را تشکیل می‌دهد و در SAPP به طور گسترده‌ای به اشتراک گذاشته می‌شود به‌طوری که

6. SOUTHERN AFRICAN POWER POOL
7. HYDROPOWER

تقریباً 100٪ تولید برق در کشورهای جمهوری دموکراتیک کنگو، لسوتو، مالاوی و زامبیا از طریق هیدروپاور تولید می‌شود. در مورد انرژی در SADC، "چالش‌ها شامل قیمت‌های کم، ضعف آماده‌سازی پروژه، مسائل مرتبط با توافقنامه‌های خرید برق و ضعف چارچوب‌های نظارتی هستند که سرمایه‌گذاری و تأمین مالی در بخش انرژی را با مشکلاتی مواجهه می‌کنند". یک فرصت عالی از توان بالای منطقه جنوبی آفریقا در تولید انرژی خورشیدی و بادی به دست می‌آید. با این حال، اگرچه به عنوان فرصت‌ها در بیشتر از NDCS[8] منطقه تشخیص داده شده‌اند، اما شیوع نیروگاه‌های زغال‌سنگی که هنوز به انتهای عمر طراحی خود نرسیده‌اند، به این معناست که در سیستم تولید انرژی انعطاف‌ناپذیری قابل توجهی وجود دارد. بنابراین، هر "انتقال خودآگاه به جامعه کم‌کربن و مقاومت در برابر تغییرات اقلیمی باید اولویت اصلی خود را به حل مشکلات فقر و نابرابری اختصاص دهد" . به عبارت دیگر، اهداف توسعه پایدار باید اولویت داده شوند.

شاخص ترکیبی، به طبع، دیدگاهی یکپارچه از زمینه تحت تجزیه و تحلیل، مانند نکسوسWEF ، ارائه می‌دهد. این صحیح است حتی اگر شاخص ترکیبی از شاخص‌های "نکسوس" تشکیل نشده باشد. به عبارت دیگر، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD[9]) تأکید می‌کند که "یک شاخص ترکیبی بهتر است به‌طور ایده‌آل مفاهیم چند بعدی را اندازه‌گیری کند که نمی‌توان آنها را در یک شاخص تنها ثبت کرد، مانند رقابت‌پذیری، صنعتی‌سازی، پایداری"، به این معنا که یک شاخص ترکیبی دیدگاه نکسوسی را ارائه می‌دهد که شاخص‌های فردی نمی‌توانند ارائه دهند. با این حال، نمی‌تواند درک جزئیات هر جنبه از شاخص‌های تشکیل‌دهنده اش را ارائه دهد.

گستره وسیع‌ای از ارزش‌های شاخص WEF NEXUS نشان‌دهنده اندازه تفاوت‌های امنیت آب، انرژی و غذا در مقیاس جهانی است. همبستگی نسبتاً قوی بین HDI و شاخص WEF NEXUS وجود دارد که این امر نشان دهنده این است که اگرچه این دو شاخص جنبه‌های مختلف توسعه پایدار را اندازه‌گیری می‌کنند، اما وجود یکی از این شاخص‌ها، نیاز به دیگری را از بین نمی‌برد.

8. NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTIONS

9. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

در اتحادیه توسعه آفریقای جنوبی(SADC) ، امنیت غذایی یک نگرانی مهم است. هشت کشور از این مناطق دارای نرخ برداشت سالانه آب تازه کمتر از 5٪ منابع داخلی خود هستند و عمق بارندگی در چند کشور بالاتر از میانه جهانی است. این نشان می‌دهد که اگر این آب قابل استفاده موجود به طور مفید برای تولید غذا استفاده شود، بخش قابل توجهی از نگرانی‌های امنیت غذایی در این منطقه می‌تواند تحت تأثیر قرار گیرد. افزایش دسترسی به انرژی مطمئن، مدرن، تجدیدپذیر و قابل تأمین با قیمت مناسب، یک عامل بسیار حیاتی برای تسهیل توسعه، به ویژه در زمینه کشاورزی است.

SCAN ME

نویسنده:محمدامین انصاری خراجی

برای دسترسی به منابع QR کد را اسکن کنید

یا به قسمت منابع مراجعه کنید:

رویکردی جدید به خنک کردن نیروگاه‌ها می‌تواند نیاز به آب شیرین را حذف کند

نیروگاه‌های ترموالکتریک آب را می‌جوشانند تا بخار ایجاد شود تا توربین‌هایی که برق تولید می‌کنند شروع به‌کار کنند. پس از عبور بخار از توربین ها، قبل از استفاده مجدد برای تولید الکتریسیته بیشتر، باید در آب خنک شود. در ایالات متحده، 90 درصد برق از نیروگاه‌های ترموالکتریکی تامین می شود که نیاز به خنک کننده دارند.محققان NETL[1] و دانشگاه WYOMING روش جدیدی را گزارش کرده‌اند که با استفاده از آب شور - آبی که برای آشامیدن یا آبیاری مناسب نیست زیرا حاوی 1000 تا 35000 قسمت در میلیون مواد جامد محلول می‌باشد. بهره‌برداری از آب شیرین در نیروگاه ها را حدود 96 تا 100 درصد کاهش می‌دهد.

در سال 2015، نیروگاه‌های سوخت فسیلی روزانه بیش از 100 میلیارد گالن آب برداشت کردند که بیشتر آن برای خنک سازی فرآیند استفاده می‌شد و در حال حاضر نزدیک به 100 درصد برداشت از آب‌های سطحی صورت می‌گیرد با کمبود منابع آب، نیاز فزاینده‌ای به نیروگاه‌ها برای کاهش مصرف آب وجود دارد. یکی از راه‌های کاهش مصرف آب، استفاده از آب شور برای خنک سازی است زیرا منابع آب شور در ایالات متحده بیش از 35 برابر آب های شیرین می‌باشد و با افزایش خشکسالی جهانی رقابت بر سر آب های شیرین نیز افزایش یافته پس عملا آب شور یک منبع بالقوه به حساب می‌آید.

به‌نقل از دکتر NICHOLAS SIEFERT ، مهندس مکانیک پژوهشی در NETL، نیروگاه‌ها، منبع اصلی مصرف آب در ایالات متحده هستند و باید برای این چالش به دنبال راه‌های نو باشیم.

Table 1 | Performance and cost of water desalination technologies reported in the literature

Technology	Production capacity[a,b] ($m^3 d^{-1}$)	Feed TDS[c] ($mg l^{-1}$)	Energy penalty[d–g] ($kWh m^{-3}$)	Recovery rate[e–g] (%)	Cost of water treatment[f,h,i] (US m^{-3}$)	Major operating issues[j]
MSF	1,000–76,000	35,000–55,000	19.8–27	25–50	0.58–1.75	Thermal desalination has a low recovery rate and high parasitic loads. Scale formation and corrosion from salt deposition can alter equipment surface and performance and increase energy consumption. Air pollutants and greenhouse gases emitted from thermal energy generation need to be controlled.
MED	600–45,000	33,000–65,000	14.5–21.4	35–65	0.52–1.5	
VC	20–3,800 (MVC) 10,000–30,000 (TVC)	35,000–55,000	7–16	25–50	0.87–2.6	Scale formation and corrosion of evaporator components need to be controlled. Defrosting the VC refrigeration system consumes a significant amount of energy.
RO	0.1–130,000	50–50,000	0.2–2.5	50–80	0.12–1.33	The low permeation flux requires large membrane areas for large-scale RO systems. There are concerns about membrane fouling and scaling, especially for high-recovery cases. It may be difficult to reject very small uncharged species. Membrane durability needs to be improved to reduce cost. Inappropriate high-salinity brine discharges cause severe environmental impacts. Brine management is a great challenge for inland brackish water desalination.
ED	2–145,000	300–12,000 Best <3,500	2.6–5.5	50–90	0.6–1.05	Unable to remove contaminants other than charged species. Membrane cleaning can reduce membrane durability. ED membranes are more expensive than RO membranes, increasing the annual cost of material replacement.

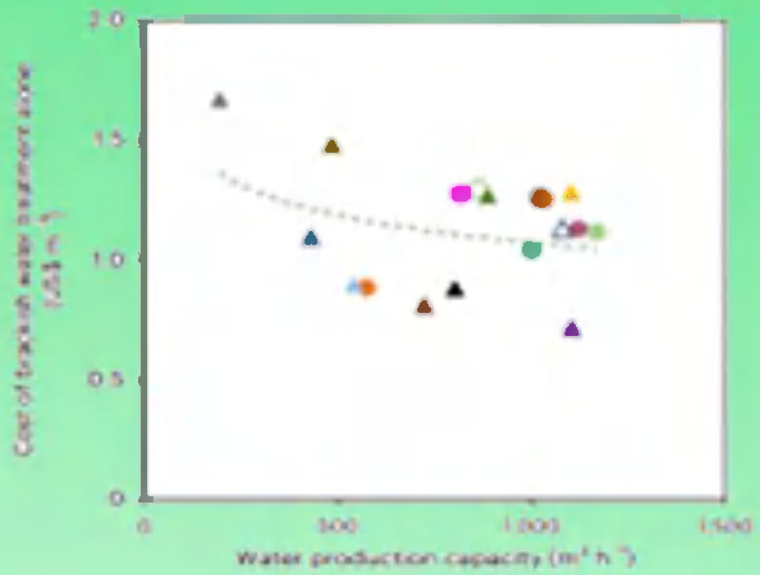
جدول - عملکرد و هزینه فن آوری های نمک زدایی آب در ایالات متحده

1. THE NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY.

در ایـالات متحـده پـروژه ای بـه سرپرسـتی HAIBO ZHAI در سـال 2022 آغـاز کـرد تـا از آب هایـی بـا سـختی بـالا جهـت خنـک سـازی نیـروگاه هـا اسـتفاده شـود. کـه یکـی از نتایـج ایـن پژوهـش در جـدول 1 بـه اختصارگـرداوری شـده. ایـن مطالعـه بـه طـور شـفاف بیـان مـی‌دارد کـه اسـتفاده از آب شـور بـرای خنـک کـردن نیـروگاه هـای ترموالکتریـک گزینـه مناسـبی بـرای کاهـش مصـرف آب اسـت، امـا چالـش هایـی را نیـز شناسـایی کرده‌انـد کـه بایـد بـه آنهـا پرداختـه شـود، از چالش‌هـای مهـم بـرای اسـتفاده از آب‌شـور در خنک‌سـازی نیروگاه‌هـای ترموالکتریـک، دفـع نمک‌هـای غلیظـی اسـت کـه در طـی تصفیـه آب شـور تولیـد می‌شـوند. آب نمـک غلیـظ بسـیار شوراسـت و سـختی بالایـی دارد .اسـت و مـی توانـد بـرای محیـط زیسـت مضـر باشـد، امـا حـاوی مـواد معدنـی ارزشـمند و حیاتـی نیـر مـی باشـد. بـا داشـتن اطلاعـات کافـی در مـورد سـختی آب دیـد کافی جهت استفاده از این فناوری را پیدا خواهیم کرد.

شکل - میزان سختی آب در ایالات متحده

همچنین از چالش‌های دیگر صرفه اقتصادی این پروژه است. هزینه تصفیه آب شور از املاح و مواد معدنی مورد نظر 0.50 تا 1.00 دلار در هر گالن تخمین زده می‌شود. هزینه این به طور قابل توجهی بالاتر ازهزینه آب شیرین است که معمولاً 0.02 تا 0.05 دلار درهرگالن گزارش شده.



شکل - ظرفیت تولید آب به ازای هزینه ها

(دایره ها و مثلث ها احتمال حضورگاز و ذغال سنگ را نشان میدهند)

SCAN ME

نویسنده: ریحانه باباخانلو

برای دسترسی به منابع QR کد را اسکن کنید

یا به قسمت منابع مراجعه کنید:

درک نکسوس[1] آب‌وهوا، آب، انرژی، غذا و

ساده کردن اقدامات مربوط به آب

تغییرات اقلیمی و آب‌وهوایی باعث ایجاد نگرانی‌هایی در زمینه‌های دردسترس بودن یا کیفیت آب شده است. به همین دلیل اتحادیه اروپا[2] مجموعه‌ای از پیش گامی‌ها را با نام قرارداد سبز اروپا[3] وضع کرده است. هدف این قرارداد استفاده کارآمد و اقتصادی از منابع پاک، بازگردانی تنوع زیستی از دست رفته، تعادل آب‌و هوایی، کاهش آلودگی‌ها و غیره است که آب عنصر کلیدی تمام این اقدامات است.

پرداختن به نکسوس(پیوند) آب، اقلیم، انرژی و غذا برای دستیابی به اهداف قرارداد سبز اروپا ضروری است چرا که به حداکثر رساندن انسجام و مبادلات بین بخش‌های مختلف نکسوس، به رفع چالش‌های پیچیده قرارداد کمک می‌کند.

یکی از برنامه‌های تحقیق و نوآوری اتحادیه اروپا به نام HORIZON 2020 به چندین پروژه برای ارزیابی نکسوس آب، انرژی، غذا در مقیاس‌های مختلف جغرافیایی پرداخته است که در ادامه به معرفی چندین نمونه از این پروژه‌ها می‌پردازیم.

SIM4NEXUS: این پروژه در ژوئن سال 2016 با هدف مدیریت یکپارچه بر نکسوس آب، انرژی، غذا، اقلیم، زمین با هدف کارآمد سازی منابع اروپا شروع به کار کرد و در ماه می سال 2020 پایان یافت. موانع موجود بر سر راه اروپای کارآمد از نظر منابع، ناهماهنگی سیاست‌ها، شکاف‌های دانش، به‌ویژه در مورد روش‌ها و ابزارهای یکپارچه‌سازی برای NEXUS، و قفل‌های دانش و فناوری است. روش کار SIM4NEXUS بدین گونه بود که 12 مطالعه مختلف روی مناطق و بخش‌های مختلف انجام داد.برای مثال یکی از مطالعات، مطالعه موردی اروپا بود که تحلیل می‌کرد که چگونه سیاست‌هاواستراتژی‌های اتحادیه اروپا می‌توانند استفاده کارآمدتر و انعطاف‌پذیرتر از منابع را در بخش‌های NEXUS تقویت کنند.

1. NEXUS
2. EUROPEAN UNION (EU)
3. THE EUROPEAN GREEN DEAL

شکل - نشست چهارم SIM4NEXUS در لاتویا

DAFNE: این پروژه نیز مانند پروژه قبل در ژوئن سال 2016 با هدف استفاده از یک چارچوب تصمیم‌گیری-تحلیلی برای بررسی نکسوس آب، انرژی، غذا در سیستم‌های منابع آب پیچیده و فرا مرزی شروع به کار کرد چرا که محدودیت‌های آب، انرژی و غذا می‌تواند مانع توسعه اقتصادی شود و به تنش‌های اجتماعی و ژئوپلیتیکی منجر شود و آسیب‌های زیست‌محیطی پایدار ایجاد کنند.DAFNE از یک رویکرد برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب یکپارچه حمایت می‌کرد که به صراحت به نکسوس آب-انرژی-غذا از دیدگاه مشارکتی و چند رشته ای جدید می پرداخت و شامل ابعاد اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی میشد و هم بازیگران دولتی و هم خصوصی را درگیر می‌کرد. هم چنین کارایی منابع را افزایش داد و از از دست رفتن خدمات اکوسیستمی در مناطقی که زیرساخت‌های بزرگ وجود دارد یا در حال ساخت هستند جلوگیری می‌کرد. این پروژه در ماه می سال 2020 پایان یافت. نتیجه این پروژه با تجزیه و تحلیل دو مطالعه موردی فرامرزی، رودخانه زامبزی[4] و اومو[5] نشان داده خواهد شد که شامل تعیین محرک‌ها و شاخص‌های تغییر اکوسیستم در دو رودخانه، تحلیل و مدل‌سازی پیوند، مدل‌سازی اقتصادی اجتماعی و توسعه چارچوب تحلیلی تصمیم‌گیری است.

4. ZAMBEZI
5. OMO

شکل - رودخانه اومو در دست مطالعه

MAGIC: این پروژه نیز در ژوئن سال 2016 با هدف اطلاع‌رسانی درباره‌ی امنیت نکسوس و یافتن راه‌های جدید برای پرداختن به مسائل سیاسی در ارتباط بین منابع آب، انرژی و غذا و هم چنین مسائل پیچیده پیرامون پایداری نکسوس، شروع به کار کرد. MAGIC مجموعه‌ای از رویکردهای جدید، پیشرفته و سیستم محور را به کار گرفت که از اکولوژی سیستم، اقتصاد زیستی و مطالعات علم و فناوری سرچشمه می‌گیرد. ترکیب آنها به MAGIC اجازه می‌داد تا اگر سیاست‌های خاصی از اتحادیه اروپا منجر به نتایج نامطلوب یا پیش‌بینی نشده شود، برجسته کند. این پروژه در سپتامبر 2020 پایان یافت.

به زودی این دو پروژه منتخب نیز زیر نظر اتحادیه اروپا آغاز خواهند شد:

NEXOGENESIS: این پروژه به تسهیل نسل بعدی اقدامات موثر و هوشمند مربوط به آب با استفاده از هوش مصنوعی برای ارزیابی نکسوس آب، انرژی، غذا، اکوسیستم خواهد پرداخت.

GONEXUS: این پروژه به ارائه ابزارها و راه‌حل‌های نوآورانه برای کنترل نکسوس آب، انرژی، غذا، اکوسیستم تحت تاثیر تغییرات جهانی می‌پردازد.

نویسنده: فاطمه صادقی

برای دسترسی به منابع QR کد را اسکن کنید یا به قسمت منابع مراجعه کنید:

SCAN ME

نظریه بازی و مدیریت منابع آب

مدیریت منابع آب معمولاً درگیری‌هایی را در بر دارد. رفتارهای ذی‌نفعان، که ممکن است تمایل به بهبود وضعیت داشته باشند و به یک وضعیت برد-برد برسند، گاهی منجر به شرایط بدتر برای همه اطرافیان می‌شود. نظریه بازی می‌تواند رفتارهای ذی‌نفعان مسائل منابع آب را شناسایی، تفسیر و توصیف کند. به عبارت دیگر، نشان می دهد که چگونه تعاملات اطرافیان مختلف که اولویت خود را نسبت به اهداف سیستم قرار می‌دهند، منجر به تکامل سیستم می‌شود. نتایج پیش‌بینی شده توسط نظریه بازی اغلب با نتایج پیشنهاد شده توسط روش‌های بهینه‌سازی که فرض بر این دارند که همه اطرافیان مایل هستند به سمت بهترین نتیجه در سطح سیستم عمل کنند، متفاوت است.این مقاله قابلیت استفاده ازنظریه بازی در مدیریت منابع آب و حل تعارضات را از طریق یک سلسله بازی‌های غیر همکارانه منابع آب بررسی می‌کند.

تعارضات مربوط به مسائل آبی فقط محدود به ایجاد تعادل بین هزینه ها و سودها نیستند. تعارضات همچنین از جنبه‌های اجتماعی و سیاسی طرح، عملیات و مدیریت پروژه‌های آبی به وجود می‌آیند. هنگام تحلیل عملیات یا طراحی یک پروژه آبی پیچیده، تصمیم‌گیرنده نه تنها باید از مناسب بودن اوضاع زیست‌محیطی، مالی و اقتصادی اطمینان حاصل کند، بلکه باید امور اجتماعی و سیاسی را به دقت مورد مطالعه قرار دهد. بدون شک این امر برای مهندسانی که به طور معمول عملکرد را با اصطلاحات اقتصادی، مالی و فیزیکی اندازه‌گیری می‌کنند، بسیار چالش‌برانگیز خواهد بود.روش‌های بهینه‌سازی خطی و غیرخطی می‌توانند مقادیر بهینه متغیرهای هدف را با استفاده از سه پارامتر نام برده شده پیدا کنند.

با این حال، اگر به درستی تعریف نشوند، ممکن است توجهی به رفتارهای استراتژیک تصمیم‌گیرندگان محلی، منطقه‌ای و سیاسی نکنند و نتیجه بهینه مورد نظر و روش رسیدن به آن را به ما ندهند.

نظریه بازی چارچوبی برای مطالعه اقدامات استراتژیک تصمیم‌گیرندگان فردی برای تعریف و توسعه راه‌حل‌های جامع‌تر فراهم می‌کند. به طور کلی، نتایجی که با استفاده از نظریه بازی به آن‌ها دست می‌یابیم، نزدیک‌تر به عملیات عملکردی هستند. دلیل اصلی آن را می‌توان به در بر گرفتن انواع حالات رفتارهای تصمیم‌گیرندگان یا افراد درگیر با موضوع دانست؛ مسئله‌ای که اغلب توسط روش‌های بهینه‌سازی سنتی نادیده گرفته می‌شود. با این حال، نظریه بازی هنوز به خوبی در تجزیه و تحلیل سیستم‌های کلی منابع آب استفاده نشده است. این مقاله از کاربرد نظریه بازی در تحلیل سیستم‌های آبی و حل اختلافات با بررسی مفاهیم اساسی نظریه بازی و ارائه چند بازی ساده دو در دو منابع آبی استفاده می‌کند.

به طور کلی، نظریه بازی را می‌توان مطالعه ریاضی رقابت و همکاری دانست. این نظریه نشان می‌دهد چگونه نتایج کلی حاصل از تعاملات استراتژیکی بین بازیکنان، با توجه به ترجیحات و اولویت‌های آن‌ها بدست می‌آیند. این نتایج ممکن است از قبل توسط بازیکنان پیش بینی شوند و یا حتی می‌توانند مد نظر آن‌ها نباشند. این بازی‌ها شامل مجموعه‌ای از بازیکنان، مجموعه‌ای از استراتژی‌ها یا حرکات در دسترس آن‌ها و پاداش‌های مشخصی به ازای هر ترکیب از این استراتژی ها (نتایج ممکن بازی) می‌باشند. پاداش‌ها برای بازیکنان تصمیم‌های اتخاذشده و نوع بازی در حال انجام را تعیین می‌کنند. اگر جمع پاداش ها برابر با صفر یا یک ثابت باشند، بازیکنان منافع متضاد دارند و این بازی، یک بازی مجموع-صفر یا بازی مجموع-ثابت خواهد بود.

به این معنا که هر چه یک بازیکن ببرد، بازیکن دیگر می‌بازد. در بازی‌های غیرمجموع-صفر، جمع پاداش‌ها صفر یا یک ثابت نیستند، پیچیدگی‌های بیشتری دارند و گاهی اوقات بیشترین پتانسیل همکاری را دارند. نظریه بازی می‌تواند برای پیش‌بینی رفتار مردم در مواجهه با تضاد، با در نظر گرفتن منافع آن‌ها در حل اختلافات استفاده شود.

در یک اختلاف آبی، گروه‌ها یا افراد با منافع مختلف می‌توانند به عنوان تصمیم‌گیرندگان (بازیکنان) مدل شوند، جایی که هر تصمیم گیرنده می‌تواند به صورت یک‌جانبه انتخاب‌هایی داشته باشد و انتخاب‌های ترکیبی تمام بازیکنان نسبت به هم، نتایج مختلفی را تعیین می‌کند. به جای تصمیم یک‌جانبه، بازیکنان می‌توانند برای همکاری یا تشکیل ائتلاف‌ها تصمیم بگیرند که به نتایج پارتو-بهینه منجر می‌شود. بنابراین، یک مطالعه سیستماتیک از یک اختلاف آبی می تواند بینش‌هایی درباره چگونگی بهتر حل شدن اختلاف را فراهم کند و حتی ممکن است راه‌حل‌های نوآورانه را پیشنهاد دهد که بدون شک، اهمیت استفاده از این نظریه را چندین برابر می‌کند.
سه بازی رایج 2 × 2 (معمای زندانی، جوجه و شکار گوزن) ارائه شده و تعادل آن‌ها معرفی می‌شوند. سپس بازی آب مربوطه معرفی شده و بینش‌های پیشنهادی از نظریه بازی بحث می‌شود. همچنین، نتایج -پارتو-بهینه برای نشان دادن اینکه چگونه نتایج نظریه بازی می‌توانند با نتایج روش‌های مهندسی سیستم متفاوت باشند، معرفی می‌شوند. این مقاله بر روی نظریه بازی غیرهمکارانه و استراتژی‌های خالص تمرکز دارد و مطالعه استراتژی‌های ترکیبی، خارج از محدوده این مقاله است (استراتژی‌های ترکیبی زمانی است که یک بازیکن به صورت تصادفی استراتژی‌های خالص را انتخاب کرده و احتمالات را به هر استراتژی اختصاص می‌دهد. بازیکنی که با یک استراتژی خالص بازی می‌کند، می‌داند در شرایط مختلف چه کار باید انجام دهد و یک استراتژی خالص را با احتمال 1 انتخاب می‌کند).

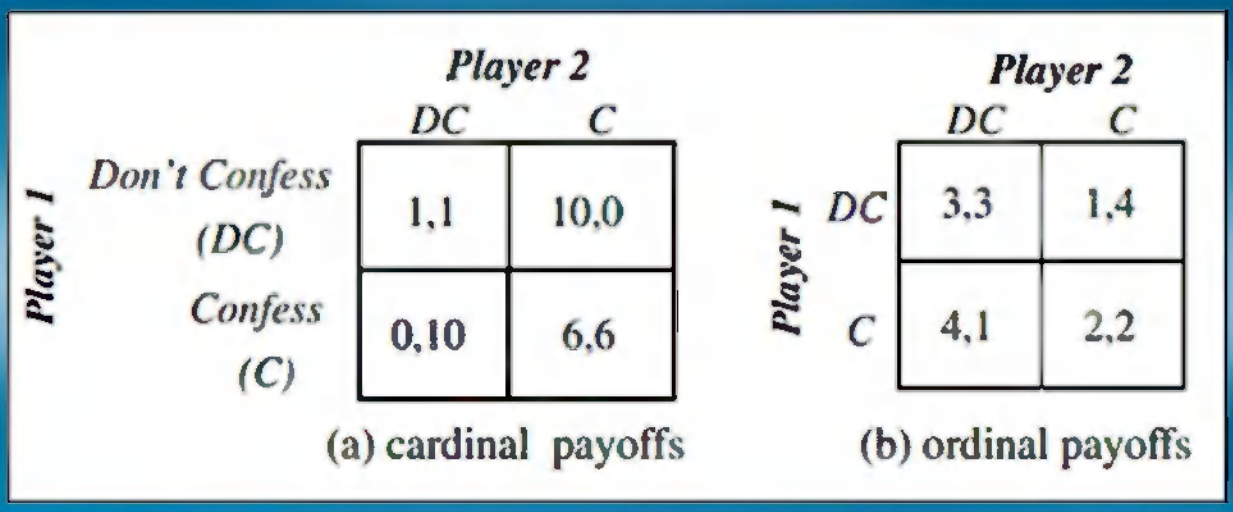
بازی معمای زندانی [1]

در معمای زندانی فرض می‌شود که دو مظنون توسط پلیس به زندان افتاده‌اند. پلیس مدارک کافی برای محکومیت آن‌ها ندارد و به همین دلیل زندانی‌ها را از یکدیگر جدا کرده تا از ارتباط آن‌ها جلوگیری کند. به زندانی‌ها انگیزه داده می‌شود که با پلیس همکاری کنند؛ بدین صورت که هر زندانی این اختیار را دارد که اعتراف کند یا سکوت کند. اگر یکی از زندانیان اعتراف کند و دیگری سکوت کند، فرد خائن پاداش می‌گیرد و آزاد می‌شود و زندانیی که سکوت اختیار کرده است بر اساس مدارک فرد زندانی دیگر، مجرم شناخته شده و محکوم می‌شود. در این صورت، زندانیی که از اعتراف سرباز زده است باید به جرم همکاری نکردن با پلیس، به مدت طولانی در زندان بماند. اگر هر دو زندانی سکوت اختیار کرده و اعتراف نکنند پس از مدت کوتاهی به دلیل عدم وجود مدارک کافی برای محکومیت آزاد خواهند شد. با این حال، اگر هر دو طرف اعتراف کنند، هر دو محکومیت خود را می‌گذرانند. در حالت دوم، مدت ماندن هر زندانی (هنگامی که هر دو اعتراف کنند) در زندان، کوتاه‌تر از حالتی است که یکی از زندانیان به دلیل سکوت در حالی که زندانی دیگر اعتراف کرده است، محکوم می‌شود. مشکل اساسی زندانی این است

که آیا باید به سکوت و عدم اعتراف همکار خود اعتماد کند یا تخفیف مجازاتیی که پلیس برای پشت کردن به همکارش پیشنهاد می‌کند را بپذیرد.

1. PRISONER'S DILEMMA GAME

شکل 1 - الف، معمای زندانی به شکل ماتریسی با اعداد اصلی2 که در سلول‌ها نمایان شده‌اند، را نشان می‌دهد. این اعداد اصلی نشان دهنده تعداد سال‌هایی است که هر زندانی باید در زندان آب خنک بخورد! هر سلول دو مقدار دارد. مقدار اول (سمت چپ) نشان دهنده حکم نهایی زندانی اول و مقدار دوم، حکم نهایی زندانی دوم را مشخص می‌کند. اینکه هر زندانی چه تصمیمی می‌گیرد نیز در این ماتریس مشخص شده است؛ برای زندانی اول در سمت چپ و برای زندانی دوم بالای ماتریس نشان داده شده‌اند (C[3] به معنای اعتراف، DC[4] به معنای سکوت). در این حالت، واضح است که هر چه مقدار عدد متناظر هر زندانی کمتر باشد، حکم بهتر است. شکل1 -ب معمای زندانی به شکل ماتریسی با اعداد ترتیبی[5] را نشان می‌دهد. در این حالت از ماتریس، هرچه عدد متناظر با زندانی در سلول‌ها بالاتر باشد، حکم مطلوب‌تری را به همراه خواهد داشت.



شکل 1 - معمای زندانی: الف) شکل ماتریسی با اعداد اصلی ب) شکل ماتریسی با اعداد ترتیبی

همانطور که در شکل 1 مشخص است، بهترین نتیجه زمانی اتفاق می‌افتد که زندانی اعتراف کند (خیانت کند) در حالی که زندانی دیگر سکوت اختیار کند. اما در حالت کلی، دو زندانی ترجیح می‌دهند که تصمیمات یکسان بگیرند، که بهینه‌ترین حالت برای دو طرف، سکوت‌کردن (DC,DC) است و در پله پایین‌تر، اعتراف کردن هر دو (C, C)، می‌تواند تصمیمی منصفانه و کمتر از حد بهینه برای هر دو زندانی باشد.

2. CARDINAL NUMBERS
3. CONFESS
4. DON'T CONFESS
5. ORDINAL NUMBERS

با همه این اوصاف، هر زندانی در خلوت خود ترجیح خواهد داد تا اعتراف کند؛ بدین معنا که همانطور که در شکل1 -ب مشخص است، فارغ از اینکه زندانی دیگر چه سکوت کند یا نکند، با توجه به این حالات، اعتراف کردن مطلوب‌ترین تصمیم است (2 > 1، 4 > 3). به همین دلیل است که احتمال وقوع حالت اعتراف کردن هر دو زندانی (C, C) بسیار بیشتر از حالت سکوت کردن آن‌هاست (DC, DC)؛ با اینکه حکم نهایی حالت (DC, DC) بسیار مطلوب‌تر و بهینه‌تر است. این مسئله، تعادل نش[6] به افتخار پروفسور جان نش[7] نامیده شده است. به‌طور کلی، حالت (DC, DC) تنها به افراد درون سیستم اهمیت می‌دهد نه به کل سیستم و برعکس؛ حالت (C, C) صلاح کل سیستم را به تک تک افراد درون سیستم ترجیح می‌دهد.

نتایج معمای زندانی در حالتیست که دو طرف هیچ گونه ارتباط و همکاری مستقیم یا غیرمستقیم با یکدیگر ندارند. این مسئله می‌تواند به اشتراک منابع آب در سرتاسر جهان تعمیم داده شود؛ بدین معنا که نبود ارتباط و همکاری طرفین در اشتراک منابع آب نتیجه‌ای کمی و کیفی شبیه به معمای زندانی را در پی خواهد داشت، نتیجه‌ای کمتر از حد بهینه و منصفانه. اما باید توجه داشت که در مقیاس بزرگ اشتراک منابع آب در سرتاسر جهان، فاصله بین نقطه بهینه و نقطه کمتر از حد بهینه ممکن است قابل توجه و زیان‌آور باشد. به همین دلیل است که نبود همکاری در این مسئله با وجود راه‌حل کمتر از حد بهینه معمای زندانی، تراژدی مشترک[8] را به همراه خواهد داشت. همانطور که بازی معمای زندانی مطرح شد، نتایج (DC, DC) بهینه‌ترین حالت ممکن است و دلیلی که زندانی‌ها این تصمیم را نمی‌گیرند، نبود ارتباط و همکاری بین طرفین است که در نهایت هر دو ریسک نکرده و حالت تعادل نش را انتخاب می‌کنند. اگر وضعیت بین دو زندانی چند بار تکرار شود یا ارتباط بین آن‌ها آزاد شود ممکن است مشکل عدم اعتماد رفع شده، همکاری صورت گرفته و بهینه‌ترین حالت ممکن (DC,DC) انتخاب شود. در مسئله اشتراک منابع آب نیز به طور مشابه با توضیح مشکل، وضع قراردادهای الزامی و سایز اشکال اعتمادسازی بین طرفین، ممکن است منجر به همکاری و ایجاد راه‌حل‌های بهتر و بهینه‌تر شود.

8. TRAGEDY OF THE COMMONS

به طوری‌که علاوه بر اینکه به کل سیستم توجه شود، صلاح تک تک مشترکان منابع آب نیز در نظر گرفته شود. برای این بازی منابع آب های زیرزمینی، اگر طرفین اطمینان حاصل کنند که برداشت‌ها توسط یک سازمان نظارت‌کننده انجام می‌شود و برای فرار از همکاری جریمه وجود دارد، تهدید خیانت کوچک می‌شود زیرا عدم همکاری دیگر یک استراتژی کاملا غالب با بازدهی بالا و مطلوب نیست.

این مسائل به خوبی در شکل 2 و 3 نمایان شده است. شکل 2 بیانگر استفاده از منبع آب زیرزمینی توسط دو کشاورز با توجه به میزان پمپاژ آب است. هر چه میزان پمپاژ آب متناظر با هر کشاورز بیشتر باشد، بدین معناست که آب بیشتری را از منبع اشتراکی آب زیرزمینی مصرف می کند (PR2 >PR 1). در شکل 2 فرض شده است که ارتباط و هماهنگی بین کشاورزان وجود ندارد. در این حالت دقیقا حالت مشابه با بازی معمای زندانی اتفاق می‌افتد؛ به دلیل عدم اعتماد طرفین، هردو کشاورز از پمپاژ بالای آب استفاده می‌کنند (PR2, PR2) که تعادلی کمتر از حد بهینه را در پی خواهد داشت. اما در دراز مدت سطح آب زیرزمینی کاهش یافته، هزینه‌های پمپاژ و سایر نیز بسیار بالا خواهد رفت.

		Farmer 2	
		PR 1	PR 2
Farmer 1	Pumping Rate 1 (PR 1)	3,3	1,4
	Pumping Rate 2 (PR 2)	4,1	2,2

شکل 2. بازی بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی

اما اگر بین همین کشاورزان ارتباط و هماهنگی صورت بگیرد و قوانینی وضع شود، طوری که اگر کشاورزی از قانون ایجاد شده تخطی کرد، جریمه شود، نتایج بازی اشتراک منبع آب زیرزمینی به شکل 3 تغییر خواهد یافت. یعنی اگر کشاورز دوم از پمپاژ بالاتر استفاده کند (PR2) در حالی که کشاورز اول از پمپاژ کمتری استفاده کرده باشد (PR1)، نه تنها سود نخواهد کرد بلکه به دلیل جریمه، مقدار شاخص او از 3 به 1 تقلیل خواهد یافت. در این حالت، تعادل به سمت استفاده از پمپاژ کمتر (PR1) می‌رود. بنابراین در حالت کلی کشاورز در خلوت خود فارغ از اینکه کشاورز دیگر چه تصمیمی خواهد گرفت، از PR1 استفاده خواهد کرد و بدین شکل بهینه‌ترین حالت ممکن سیستم نیز ایجادخواهد شد (1 < 3، 2 < 4). در این حالت در هزینه و میزان مصرف آب نیز صرفه جویی می‌شود.

Farmer 1 \ Farmer 2	PR 1	PR 2
PR 1	3,3	4,1
PR 2	1.4	2,2

شکل 3. بازی بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی پس از وضع قوانین جریمه در صورت تخلف

بازی جوجه[10]

در این بازی (شکل4) دو راننده، روی یک پل در یک امتداد در جهت مخالف به سمت هم حرکت می‌کنند. اولین راننده‌ای که ماشین را منحرف کند (جوجه‌کشی[11]) بازنده است. هر دو راننده که وارد مسابقه می‌شوند، نمی‌خواهند جوجه باشند، اما اگر هیچ راننده‌ای از مسابقه خارج نشود، ممکن است هر دو راننده تصادف کنند. جوجه نامیده‌شدن برای هر دو بازیکن، بهتر از مردن اما در عین حال بدتر از بردن است.

10. CHICKEN GAME
11. CHICKEN OUT

تساوی زمانی رخ می‌دهد که هر دو بازیکن ماشین را منحرف کنند. در حالت تساوی، بازیکنان چیزی به‌دست نمی‌آورند و مبارزه بر سر حفظ غرور آن‌هاست. اگر غرورشان برایشان مهم‌تر از جانشان باشد، ممکن است هر دو از روی غرور بمیرند! دستاورد هر بازیکن در این بازی می‌تواند جایزه در پایان بازی یا سود حاصل از برد یا باخت در بازی باشد. هر چه دستاورد بیشتر باشد، نتیجه ارجح‌تر است.

بازی جوجه دو تعادل نش[12] دارد که در آن یک راننده می‌بازد و راننده دیگر برنده می‌شود. تعادل نش شامل (DS[13], S[14]) یا (WIN, LOSE) و (S, DS) یا (LOSE, WIN) می‌شود که پارتوبهینه[15] هستند. سومین شیوه پارتوبهینه، (S, S) یا مساوی، یک روش حل پارتو از لحاظ اجتماعی است که در جایی اتفاق می‌افتد که سود هر بازیکن از حداقل سود در دو حالت دیگر، بیش‌تر شود. این نتیجه پارتوبهینه (S, S) یک تعادل نش نیست و ممکن است زمانی که بازیکنان بر اساس علاقه خود تصمیم می‌گیرند، رخ ندهد.

در بازی جوجه، استراتژی غالب این است که برخلاف آنچه بازیکن دیگر انجام می‌دهد، بازی کنید. مشابه بازی معمای زندانی‌ها، هر بازیکن می‌خواهد یک سواری رایگان دریافت کند و راه‌حل مشترک یا مطلوب دوطرفه ((S, S) در بازی جوجه و (DC, DC) در معمای زندانی‌ها) پایدار نیست زیرا هر بازیکن مایل است که از آن خودداری کند. با این حال، این دو بازی از این جهت متفاوت هستند که اگر هر دو بازیکن تصمیم به سواری رایگان بگیرند، (DS, DS) برای هر دو بازیکن در بازی جوجه، بدترین نتیجه است در حالی که در بازی معمای زندانی ها (C, C) کمتر از حد مطلوب است، اما برای هر دو بازیکن بدترین نتیجه نیست.

		Driver 2	
		S	DS
Driver 1	Swerve (S)	3,3	2,4
	Don't Swerve (DS)	4,2	1,1

شکل 4. بازی جوجه با دستاورد ترتیبی

12. NASH EQUILIBRIA
13. DON'T SWERVE
14. SWERVE
15. PARETO- OPTIMAL

بازی جوجه در مقالات منابع آب نادر است زیرا اکثر مشکلات ناشی از اشتراک منابع آب به عنوان بازی هماهنگی تلقی‌شده و به عنوان معمای زندانی‌ها مدل‌سازی شده‌است. نمونه‌ای از یک بازی ضدهماهنگی منابع آب، درگیری ایران و افغانستان بر روی رودخانه هیرمند در زمان حکومت طالبان در افغانستان است. رودخانه هیرمند از افغانستان به ایران می‌ریزد و برای کشاورزی هر دو کشور و همچنین بقای دریاچه هامون که یک باتلاق شناخته شده بین المللی در استان سیستان و بلوچستان در کشور ایران است، مهم می‌باشد. اگرچه از سال 1972 قرارداد تخصیص بین دو کشور وجود دارد، اما ایران همچنان برای دریافت سهم خود از رودخانه با مشکل مواجه است. درگیری بین دو کشور حل نشده است و این وضعیت گاهی با خشکسالی و بی‌ثباتی سیاسی در افغانستان تشدید می‌شود. زمانی که طالبان در افغانستان قدرت داشتند، این رژیم تمایلی به پرداخت هزینه‌های عملیاتی و نگهداری (به ویژه رسوب‌زدایی) مخزن کجکی در خاک افغانستان نداشت. در نتیجه رودخانه هیرمند در زیر سد خشک شد و کشاورزی و منبع آب شهری را در دو طرف مرز تحت تأثیر قرار داد و در نتیجه، دریاچه هامون و اکوسیستم آن در حال نابودی بودند. با اینکه افغان ها مسئولیت حفظ سیستم مخزن و تأمین سهم ایران از رودحانه را دارند، از آن‌جایی‌که طالبان این کار را نمی‌کردند، ایرانی‌ها به فکر تعمیر سیستم در آن سوی مرز خود افتادند. در طول این دوره، ساختار درگیری شبیه به بازی جوجه بود (شکل5). هر دو طرف می‌توانند از انجام خدمات نگهداری موردنیاز بهره‌مند شوند. سود برای هر کشور، برابر با مزایای کشاورزی و زیست‌محیطی آن‌ها منهای هزینه نگهداری پرداخت‌شده بود. مقادیر نشان داده شده در شکل 5 ترتیبی هستند. ظاهراً هر طرف تمایل داشت سواری رایگان داشته باشد و کمتر هزینه کند (هزینه‌ها را به حداقل برساند) و بیشتر کسب کند (درآمد را به حداکثر برساند). وضعیت در حال حاضر بازی، (DC, DC) است که در آن هیچ طرفی هزینه نگهداری را پرداخت نمی‌کند که بدترین نتیجه را به دلیل زیان‌های بالای کشاورزی و زیست‌محیطی دارد. دو تعادل این بازی (DP[16], P[17]) و (P, DP) بود که یکی از طرفین هزینه‌های نگهداری را پرداخت می‌کرد.

16. DON'T PAY
17. PAY

این بازی یک بازی جوجه است، و اگرچه از لحاظ اجتماعی پارتوبهینه است؛ اما نتیجه همکاری (P, P) یک تعادل نش نیست. در این درگیری، ایرانی‌ها جوجه‌کشی را انتخاب کردند و تیم‌هایی را برای بازگرداندن سیستم به کار فرستادند. اگرچه نتیجه نهایی برای ایرانی‌ها به خاطر اینکه هزینه فرار بسیار بالا بود، ایده‌آل نبود، اما وقتی دریافتند افغان‌ها حاضر به پرداخت‌نکردن هستند، ترجیح دادند پول ندهند.

		Afghanistan	
		P	DP
Iran	Pay (P)	3,3	2,4
	Don't Pay (DP)	4,2	1,1

شکل 5. درگیری ایران و افغانستان بر روی رودخانه هیرمند در زمان حکومت طالبان در افغانستان

یک استراتژی خوب در بازی جوجه این است که گزینه‌ها و نتایج ممکن بازی را با نشان‌دادن طرح‌ها به طور واضح به حریف در اوایل بازی، کاهش دهیم. سیگنال ارسال شده توسط یک طرف باید قوی و تهاجمی باشد تا طرف مقابل را متقاعد کند که فرار (DP یا DS) انتخاب درستی نیست. در مورد مناقشه ایران و افغانستان بر سر هیرمند، برای ایرانیان آشکار بود که طالبان تحت هیچ شرایطی مایل یا قادر به همکاری نیستند. ایرانیان مسلمان شیعه هرگز طالبان مسلمان سنی را به عنوان حکومت قانونی افغانستان به رسمیت نشناخته بودند و این دو دولت هیچ رابطه سیاسی نداشتند. جنگ‌های جاری میان احزاب افغانستان نیز طالبان را از نظر سیاسی و اقتصادی بی‌ثبات کرد. رفتار تهاجمی طالبان به نفع افغان‌ها به عنوان یک سیگنال واضح از طرف طالبان بود و ایرانی‌ها ترجیح می‌دادند که برای هزینه‌های تعمیر و نگهداری از آن‌ها دست بکشند.

برخلاف بازی معمای زندانی‌ها که در آن طرفین با هم شکست می‌خورند، بازی جوجه یک برنده و یک بازنده دارد. ساختار و مقادیر دستاورد بازی جوجه هیچ انگیزه‌ای برای همکاری باقی نمی‌گذارد. در مشکلات منابع آب با ساختار بازی جوجه، می‌توان همکاری را با افزایش جریمه فرار (عدم همکاری) ارتقا داد. به عنوان مثال، برای درگیری بین دو کشاورز بر سر پرداخت هزینه‌های نگهداری پمپ‌ها و کانال‌های آبیاری که هر دو استفاده می‌کنند (شکل6 -الف)، یک مقام بالاتر با قدرت برتر (مانند اتحادیه کشاورزان یا یک منطقه آبیاری) می‌تواند هزینه‌های اضافی بر کشاورزانی که هزینه‌های نگهداری را پرداخت نمی‌کنند، تحمیل کند. بنابراین با این کار، همکاری را ارتقا می‌دهند و از فرار جلوگیری می‌کنند (شکل6 -ب). در حالت بدون جریمه (شکل6 -الف)، هر کشاورز ترجیح می‌دهد سواری رایگان دریافت کند و پولی نپردازد، که منجر به نابودی سیستم می‌شود. در این صورت، هر کشاورز ترجیح می‌دهد که فرار نکند و در زمانی که کشاورز دیگر فرار می‌کند، همکاری کند و زمانی که کشاورز دیگر فرار نمی‌کند، همکاری نکند. با این حال، اگر فرار هزینه بالایی داشته‌باشد (شکل6 -ب)، بازیکن علاقه‌ای به سواری رایگان ندارد و تصمیم همکاری به تعادل استراتژی غالب تبدیل می‌شود.

		Farmer 2	
		P	*DP*
Farmer 1	*Pay (P)*	3,3	2,4
	Don't Pay (DP)	4,2	1,1

شکل6 -الف. هزینه نگهداری بازی در حالت فرار بدون جریمه

		Farmer 2	
		P	*DP*
Farmer 1	*P*	3,3	2,2
	DP	2,2	1,1

شکل6 -ب. هزینه نگهداری بازی در حالت فرار با جریمه

بازی شکار گوزن (بازی اطمینان) [18]

در این بازی دو نفر که در حال شکار هستند، می‌توانند بین شکار یک گوزن با هم و یک خرگوش به صورت جداگانه یکی را انتخاب کنند، بدون اینکه از انتخاب بازیکن دیگر اطلاع داشته باشند. یک گوزن بالاترین دستاورد را برای هر دو بازیکن دارد (نیمی از ارزش یک گوزن به هر شکارچی تعلق می‌گیرد) اما فقط زمانی می‌توان آن را شکار کرد که هر دو بازیکن با هم همکاری کنند. در عوض، هر بازیکن می تواند به تنهایی خرگوشی را شکار کند که سود کمتری دارد. بدترین حالت برای یک بازیکن زمانی اتفاق می‌افتد که او یک گوزن را شکار کند (همکاری کند) و بازیکن دیگر یک خرگوش را شکار کند (فرار کند).

جدول 1 ویژگی‌های سه بازی معرفی‌شده تاکنون را بررسی می‌کند. مشابه بازی معمای زندانی‌ها، بازی شکار گوزن نیز در دسته بازی هماهنگی[19] قرار دارد و ممکن است این دو بازی با هم اشتباه گرفته شوند. در هر دو بازی شیوه همکاری، پارتوبهینه است و شیوه پارتو نامطلوب از لحاظ عدم همکاری، تعادل نش است. با این حال برخلاف بازی معمای زندانی‌ها، بازی شکار گوزن هیچ استراتژی غالبی ندارد و بازی یک تعادل نش دیگر دارد. برخلاف بازی جوجه که در آن هر بازیکن برعکس بازیکن دیگر عمل می‌کند، در بازی شکار گوزن علاقه هر بازیکن این است که مانند بازیکن دیگر عمل کند. اگرچه این بازی مانند یک معما به نظر نمی‌رسد، نظریه بازی آن را به عنوان یک معما می‌بیند و پیش‌بینی می‌کند که بازیکنان همیشه برای رسیدن به تنها روش حل پارتوبهینه (S, S) همکاری نمی‌کنند. در عمل، گاهی اوقات، بازیکنان ممکن است به دلیل عدم اعتماد، تصمیم بگیرند که همکاری نکنند که منجر به یک پارتونامطلوب (H, H) برای بازی می‌شود. بنابراین، بازی را می‌توان معمای اعتماد[20] نامید.

18. STAG- HUNT (ASSURANCE) GAME
19. COORDINATION GAME
20. TRUST DILEMMA

	معمای زندانی‌ها	جوجه	شکار گوزن
استراتژی به شدت غالب	ناهماهنگی	-	-
استراتژی غالب	ناهماهنگی	-	-
تعادل نش	عدم همکاری	عدم همکاری	همکاری
تعادل استراتژی غالب	عدم همکاری	-	-
نتیجه پارتو-بهینه	همکاری	همکاری	همکاری
طبقه بندی	بازی هماهنگی	بازی غیرهماهنگی	بازی هماهنگی

جدول 1. ویژگی بازی‌های دو در دو معرفی‌شده

نمونه‌ای از منابع آب با ساختار شکار گوزن در شکل 7 نشان داده شده است. در این بازی دو کشور ساحلی یک دریاچه مشترک دارند. هر کشور یک رودخانه دارد که به دریاچه می‌ریزد. در نتیجه تبخیر زیاد و کاهش جریان‌های فصلی دو رودخانه از آب مصرفی جریان بالادست، دریاچه خشک می‌شود، شور می‌شود و اکوسیستم آن رو به نابودی می‌رود. برای بقای دریاچه و اکوسیستم آن، هر دو کشور باید مقدار آزادکردن آب به دریاچه را به میزان مشخصی (مثلا 40 درصد) افزایش دهند. به دلیل تبخیر زیاد، افزایش جریان تنها توسط یک کشور نمی تواند مشکل را حل کند. بازده هر کشور منفعت زیست‌محیطی ناشی از افزایش جریان ورودی به دریاچه منهای درآمد از دست رفته ناشی از کاهش مصرف آب جریان بالادست است. اگر هر دو کشور مصرف آب را در جریان بالادست کاهش دهند و آزادسازی آب به دریاچه را افزایش دهند، منافع زیست‌محیطی از ضررهای ناشی از کاهش مصرف آب جریان بالادست، بیشتر خواهد شد. با این حال، اگر تنها یک کشور رهاسازی خود را به دریاچه افزایش دهد، مشکل دریاچه تا حدی حل می‌شود، مزایای زیست‌محیطی حداقل خواهد شد و بازده آن کشور از کاهش درآمد ناشی از کاهش مصرف آب در جریان بالادستی، کاهش می‌یابد. این بازی دارای دو تعادل همکاری (I, I) و غیرهمکاری (DI, DI) است.

		Country 2	
		I	DI
Country 1	Increase (I)	3,3	1,2
	Don't Increase (DI)	2,1	2,2

شکل 7. بازی کشورهای همسایه با یک مشکل زیست¬محیطی مشترک

در معمای اعتماد، اگر بازیکنان به یکدیگر اعتماد کنند، خطر همکاری ناموفق وجود ندارد و بازیکنان همکاری خواهند کرد. با این حال، در عمل، عدم همکاری یک استراتژی بدون ریسک است که منجر به نتیجه‌ای می‌شود که بهترین نیست، اما بهتر از حالت عدم اعتماد به سایر بازیکنان است. بر اساس این یافته در ساختار بازی شکار گوزن: پاروزنان یک قایق زمانی که مشکوک هستند که سایر پاروزنان به طور مؤثر پارو نمی‌زنند، پارو زدن را متوقف می‌کنند یا آهسته پارو می‌زنند تا اتلاف انرژی خود را به حداقل برسند، با اینکه اگر همه با سرعتی یکسان پارو بزنند، سرعت قایق بالاتر است. یا سهامداران ممکن است زمانی که شرکت، عملکرد خوبی ندارد و خطر فروش سهام سایر سهامداران وجود دارد، سهام خود را به صورت جداگانه بفروشند، با اینکه اگر همه سهام خود را حفظ کنند یا سهام خود را با هم بفروشند، می‌توانند بهتر عمل کنند. یا کشورها زمانی سلاح هسته‌ای می‌سازند که خطر توسعه سلاح هسته‌ای در دیگر کشورها وجود داشته باشد، اگرچه همه آن‌ها موافق هستند و می‌دانند که جهان بدون سلاح هسته‌ای، امن‌تر خواهد بود.

نظریه بازی می‌تواند بینش‌هایی را برای درک یا حل تعارضات آبی که اغلب مشکلات چند معیاری چند تصمیم‌گیرنده هستند، فراهم کند. با مثال‌های ساده از بازی‌های منابع آب 2 × 2، بحث شده است که چگونه نتایج نظریه بازی ممکن است برای کل سامانه بهینه نباشد و چگونه تصمیم‌گیرنده‌ها می‌توانند بر اساس منافع شخصی و ساختار فعلی مشکل تصمیم بگیرند.

مثال‌های ارائه‌شده در اینجا بسیار ساده تعریف شده‌اند و تعارضات منابع آب در عمل ممکن است به این سادگی نباشند. تکامل ساختار یک بازی باید در حین مطالعه تعارضات منابع آب در نظر گرفته شود و با درک تکامل یک بازی، تفسیر واقع بینانه‌تری از رفتارهای ذی‌نفعان قابل ارائه است. یک مثال نشان داد که چگونه ساختار مشکل از وضعیت قوامنده بر اساس تصمیمات اتخاذ شده توسط ذی‌نفعان در مراحل مختلف بازی تکامل می‌یابد. ارائه اطلاعات دربار ساختار در حال تکامل مشکل و خطر نتایج نامطلوب آینده (هزینه‌های بالا) در آینده ممکن است کمک کند تغییر رفتار و تصمیمات را جهت کاهش کلی خسارات کم کند.

نویسندگان: محمدرضا شیروانی – محمد آزاد – احسان موسوی

برای دسترسی به منابع QR کد را اسکن کنید
یا به قسمت منابع مراجعه کنید:

مراکز نکسوس در جهان

مراکز نکسوس گوناگونی در جهان وجود دارند، اما همه‌ی آن‌ها یک هدف مشترک را دنبال می‌کنند؛ که آن پیوند بین آب، انرژی، غذا و محیط زیست و همچنین تحقق یک سیاست پایدار است که با تلفیق انرژی، آب و اقلیم دست‌یافتنی است.

شکل - چارت نکسوس: ایجاد پایداری و انعطاف‌پذیری در نکسوس آب، غذا و انرژی یکی از پایه‌های حیاتی برای کاهش فقر، توسعه اقتصادی، تاب‌آوری اجتماعی و اقتصادی به شمار می‌رود. سیستم‌های آب، غذا و انرژی به شدت به یکدیگر وابسته هستند. تغییرات شرایط اجتماعی و محیطی این سیستم را تهدید می‌کنند، همچنین پیامدهایی از طریق عوامل دیگر به طور غیرمستقیم ایجاد می‌کنند. گاه ممکن است این اثربخشی‌ها پیامدهای ناخواسته قابل توجهی به همراه داشته باشند. اما اگر به درستی روابط بین این سیستم‌ها و اثربخشی عوامل دیگر شناسایی شوند، نه تنها تهدید نبوده بلکه برای رسیدن به هدف نهایی نکسوس نیز کمک‌کننده خواهند بود.

بطور کلی در سراسر کره زمین مراکز بسیاری در قالب تیم‌های تحقیقاتی، دانشگاهی، محلی و منطقه‌ای وجود دارد. در اینجا قصد داریم با تفکیک هر قاره، مهم‌ترین مراکزی که در زمینه نکسوس پیشرو هستند را معرفی کنیم.

بطور کلی در سراسر کره زمین مراکز بسیاری در قالب تیم‌های تحقیقاتی، دانشگاهی، محلی و منطقه‌ای وجود دارد. در اینجا قصد داریم با تفکیک هر قاره، مهم‌ترین مراکزی که در زمینه نکسوس پیشرو هستند را معرفی کنیم.

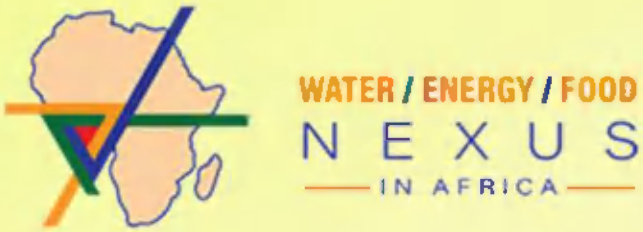
شکل - لوگوی سایت دستیابی به اطلاعات پروژه‌های نکسوس به تفکیک منطقه

پایگاه کلی منابع آب، انرژی و امنیت غذایی یک پلتفرم اطلاعاتی و تسهیل‌کننده مستقل است، که در چارچوب برنامه جهانی و گفتگوهای نکسوس منطقه‌ای توسطDEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT _GIZو با بودجه مشترک توسط وزارت اقتصاد فدرال با همکاری اتحادیه اروپا اجرا می‌شود. این پلتفرم درحال برگزاری کارگاه‌ها، گفت‌وگوها و همکاری‌هایی در زمینه آب، انرژی، امنیت غذایی و حفظ محیط زیست می‌باشد که با ایجاد سیاست‌های سطح بالا در منطقه‌های مورد نظر و سرمایه‌گذاری به دنبال توسعه جهانی این رویه است. همچنین پلتفرم WEF NEXUS به دنبال عملیاتی کردن خط مشی‌ها و پروژه‌های آزمایشی در سراسر نقاط جهان می‌باشد.

شکل - نکسوس آفریقا

شکل - لوگوی سایت دستیابی به اطلاعات پروژه‌های نکسوس به تفکیک منطقه

پایگاه کلی منابع آب، انرژی و امنیت غذایی یک پلتفرم اطلاعاتی و تسهیل کننده مستقل است، که در چارچوب برنامه جهانی و گفتگوهای نکسوس منطقه‌ای توسط THE DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT -GIZ و با بودجه مشترک توسط وزارت اقتصاد فدرال با همکاری اتحادیه اروپا اجرا می‌شود. این پلتفرم درحال برگزاری کارگاه‌ها، گفت‌وگوها و همکاری‌هایی در زمینه آب، انرژی، امنیت غذایی و حفظ محیط زیست می‌باشد که با ایجاد سیاست‌های سطح بالا در منطقه‌های مورد نظر و سرمایه‌گذاری به دنبال توسعه جهانی این رویه است. همچنین پلتفرم WEF NEXUS به دنبال عملیاتی‌کردن خط مشی‌ها و پروژه‌های آزمایشی در سراسر نقاط جهان می‌باشد.



شکل - نکسوس آفریقا

1. قاره آفریقا:

- نکسوس WEF در قاره آفریقا: شبکه‌ای از موسسات دانشگاهی، دولتی و خصوصی است که به چالش‌های مهم علمی، زیست¬محیطی و مهندسی در رابطه آب، انرژی و غذا می‌پردازد.

از اهداف اولیه آن ایجاد یک اتحاد، در عین حال متعهد بودن به توسعه یک برنامه ارتباطی مهم در آفریقا و کشف مشارکت‌های احتمالی با موسسات و افراد علاقه‌مند به همکاری فوری در حول برنامه‌های تحقیقاتی، آموزشی یا توسعه‌ای خاص است. از اهداف اولیه آن ایجاد اتحاد و تعهد به توسعه یک برنامه ارتباطی مهم در آفریقا و کشف مشارکت‌های احتمالی با موسسات و افراد علاقه‌مند به همکاری در حوزه‌ی برنامه‌های تحقیقاتی، آموزشی است. یکی از اهداف اصلی، تعیین یک مرکز یا شبکه برای استفاده موثر از ظرفیت موجود، استفاده از تخصص و منابع محلی و منطقه‌ای، ارائه مکانیزمی برای شناسایی و جستجوی منابع برای نیازهای ظرفیت جدید است.

- پروژه مهم دستیابی به رویکرد پایداری آب در آفریقا: این پروژه مشترک سازمان غذا، کشاورزی و سازمان توسعه بین‌المللی سوئد است؛ که در منطقه شمال و شمال شرقی آفریقا برای توسعه چارچوب تحلیلی در مورد آب انجام شده است.

- یکی از مراکز دانشگاهی نکسوس در دانشگاه کیپ تاون در آفریقای جنوبی می‌باشد. این مرکز به مطالعه و تحقیق در زمینه ترکیب منابع آب، انرژی و غذا می‌پردازد و برنامه‌هایی را برای افزایش امنیت غذایی و توسعه پایدار در آفریقا پیاده‌سازی می‌کند. این مرکز به علت برگزاری کنفرانس های بین‌المللی در حوزه نکسوس و همچنین تحقیقات در زمینه عدل‌پذیری آب، انرژی پایدار و امنیت غذا در آفریقا شناخته شده است. از جمله تحقیقات برجسته این مرکز، ارائه راهکارهای نوآورانه برای بهبود چرخه آب و انرژی در مزارع خشک و نیمه خشک، بهبود بهره‌وری از آب در کشاورزی و توسعه راهکارهایی برای تغذیه پایدار در شرایط نامساعد می‌باشد.

2. قاره آمریکا:

- مرکز نکسوس دانشگاه پنسیلوانیا در ایالات متحده واقع شده که با توجه به ترکیب منابع آب، انرژی و غذا در آمریکا، به تحقیقاتی در زمینه تولید مستقل و پایدار غذا، تولید و بهینه‌سازی انرژی و مدیریت منابع آب

انرژی و غذا در آمریکا، به تحقیقاتی در زمینه تولید مستقل و پایدار غذا، تولید و بهینه‌سازی انرژی و مدیریت منابع آب می‌پردازد. این مرکز تمرکز خود را بر رفع نیازهای غذایی جهانی و تغییرات آب و هوا قرار داده است. همچنین به بررسی تعاملات میان منابع آب و انرژی و نیز ارزیابی تأثیرات آن بر میانگین دما و شوری آب دریاها نیز پرداخته است. از جمله تحقیقات مورد توجه آن، بررسی تأثیر تغییرات آب و هوا بر توزیع آب و خشکسالی‌ها، تحقیقات در زمینه کاری انرژی در شبکه آب، و بررسی چگونگی ارتباط میان مصرف آب و پایداری غذا می‌باشد.

- مرکز نکسوس آب، انرژی و غذا در دانشگاه گوئلف در کانادا: این مرکز به تحقیقاتی در زمینه بهینه‌سازی و مدیریت منابع آب، انرژی پایدار و نیز سیستم‌های تولید و امنیت غذایی می‌پردازد.

3. قاره آسیا:

- مرکز نکسوس در دانشگاه توکیو در ژاپن است که به تحقیق در زمینه هایی مانند مدیریت یکپارچه آب، انرژی و غذا، در عین حال توجه به اقلیم منطقه، مدیریت منابع آب و توسعه راهبردها برای تأمین امنیت غذایی در آسیا می‌پردازد.

4. قاره اروپا:

- مرکز نکسوس در دانشگاه لوند در سوئد، به تحقیقات برای شناخت بهتر و مدیریت هماهنگ آب، انرژی و غذا، افزایش راندمان و استدلال‌هایی برای سیاست‌گذاری در اروپا می‌پردازند. از دیگر مراکز در قاره اروپا، مرکز نکسوس در دانشگاه توبینگن در آلمان به تحقیقاتی در حوزه مدیریت منابع آب، انرژی و غذای پایدار و نیز توسعه راهکارهایی برای سیاست‌گذاری مرتبط با ترکیب این منابع در اروپا مشغول به فعالیت است. همچنین بدنبال دستیابی به تکنولوژی‌های مدیریت هوشمند مصرف آب شهری، مطالعه تأثیر کشاورزی بهینه و کاهش هدررفت آب و پوشش زراعت ارگانیک و تغذیه پایدار در آینده می‌باشد.

پیشروترین کشور در حوزه نکسوس، بر اساس تحقیقات مختلف، سوئد شناخته شده است؛ و در بین مراکز تحقیقاتی، می‌توان مرکز نکسوس در دانشگاه توبینگن در آلمان را به عنوان یکی از مراکز فعال‌تر در این زمینه عنوان کرد. چرا که این مرکز راهکارهای نوآورانه‌ای برای تغییرات منابع آبی در شبکه آب شهری و روستایی و بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌های آبیاری ارائه کرده است.

نویسنده:سارا عظیمی
برای دسترسی به منابع QR کد را اسکن کنید
یا به قسمت منابع مراجعه کنید:

معرفی مراکز نکسوس (مصاحبه با دکتر توکلی)

در ابتدا ممنون بابت وقتی که در اختیار نشریه ما گذاشتید. لطفا خودتون رو به‌طور خلاصه معرفی کنید .

سلام. ممنون بابت وقتی که گذاشتید تا در مورد این مرکز مطلبی رو منتشر کنید. من امید توکلی هستم. هیات علمی دانشکده مهندسی شیمی دانشکده فنی دانشگاه تهران و رییس مرکز پژوهشی نکسوس آب، انرژی و محیط‌زیست

یک مقدار راجع به مرکز نکسوس آب انرژی و محیط‌زیست توضیح بدید.

این مجموعه پژوهشی آب، انرژی و محیط زیست در سال 99 تاسیس شد. در ابتدا هدف ما این نبود که دنبال نکسوس باشیم. ما می‌خواستیم یک مرکز پژوهشی در حوزه آب، انرژی و محیط زیست داشته باشیم و به نوعی تک‌محور باشیم. اما کمی که پیش رفتیم، متوجه شدیم نکسوس یک موضوع مطرح در دنیا است که بسیاری از پروژه‌های دنیا و مشکلات صنایع گوناگون از طریق نکسوس حل و فصل می‌شود. اصلاح روند مصرف آب و انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای از اهمیتی روزافزون برخوردار بوده و پیامدهای نامطلوب رشد اقتصادی ناپایدار بر محیط زیست و جامعه بر کسی پوشیده نیست. مسئولیت اصلی مقابله با این روند و کاهش آثار نامطلوب صنایع بر محیط زیست و جوامع، بر عهده مهندسین شیمی با نگرش فرآیندی است؛ تا با ارائه مشاوره‌ها و آموزش‌های تخصصی، صنایع را برای بهینه‌سازی فرآیندها، اصلاح روش‌های اجرایی و رفع گلوگاه‌های خود یاری دهند.

کم کم با همفکری دوستان و آشنایان، به این نتیجه رسیدیم که این مرکز را به یک مرکز نکسوس آب، انرژی و محیط‌زیست تبدیل کنیم تا به دنبال راه‌حل‌های یکپارچه باشیم.در همان سال 99، اساسنامه و طرح توجیحی ما آماده و از طریق معاونت پژوهشی دانشکده فنی آن را تصویب کرده و رسما شروع به کار کردیم. من به عنوان رئیس مرکز و دکتر محمدحسن پنجه‌شاهی، دکتر مژگان عباسی و دکتر نسیم طاهونی به عنوان اعضای شورای علمی این مرکز، منصوب شدیم.

قسمت اعظم نکسوس، بحث بهینه سازی ریاضی و فرمولاسیون‌ها است. به طور کلی یه تعداد روابط برای بخش آب، یک تعداد روابط برای انرژی و همچنین محیط زیست داریم و از آنجایی که قرار است تمام این‌ها به یه راه‌حل مشترک برسند، باید در یک تابع کلی مثلا برای کاهش هزینه ها قراربگیرند.

چه اهدافی در این مرکز دنبال می شوند؟ در آینده به دنبال چه هدف هایی هستید؟

هدف اصلی ما معرفی نکسوس، اطلاع رسانی در این زمینه به خصوص به شرکت ها و صنایع مختلف و ارتباط گرفتن با شرکت‌ها بود تا روی بحث‌های آموزشی تمرکز و سپس وبینار و ووركشاپ برگزار کنیم. این مرکز با نگرشی کاربردی و برخواسته از تجربیات میدانی بر آن است تا با ارائه فکرافزارهای نوین در زمینه‌های مشترک میان انرژی، آب و محیط‌زیست، صنایع و سازمان‌ها را در مسیر توسعه پایدار و شناخت ریسک‌ها و فرصت‌ها یاری دهد. در دو سه سال اول با کرونا مواجه شدیم و نتوانستیم کاری از پیش ببریم. در یک سال اخیر نیز داریم روی آماده کردن بسته‌های آموزشی کار با صنعت در قالب سخنرانی، ووركشاپ و وبینار کار می کنیم تا صنایع ایران را با نکسوس آشنا کنیم.

هدف اصلی ما معرفی نکسوس اطلاع‌رسانی در این زمینه به شرکت‌ها وصنایع مختلف وارتباط گرفتن با شرکت‌ها بود تا روی بحث‌های آموزشی تمرکز و سپس وبینار و ووركشاپ برگزار کنیم. این مرکز با نگرشی کاربردی و برخواسته از تجربیات میدانی بر آن است تا با ارائه فکرافزارهای نوین در زمینه‌های مشترک میان انرژی، آب و محیط‌زیست، صنایع و سازمان‌ها را در مسیر توسعه پایدار و شناخت ریسک‌ها و فرصت‌ها یاری دهد. در دو سه سال اول با کرونا مواجه شدیم و نتوانستیم کاری از پیش ببریم. در یک سال اخیر نیز داریم روی آماده کردن بسته‌های آموزشی کار با صنعت در قالب سخنرانی، ووركشاپ و وبینار کار می کنیم تا صنایع ایران را با نکسوس آشنا کنیم.

هدف‌های بعدی حل مسئله صنایع و مشکلات آنها با نکسوس و همچنین تعاملات بین المللی بود تا بتوانیم ورکشاپ های بین المللی داشته باشیم و از اساتیدی که در این زمینه کار می‌کنند، دعوت به همکاری‌کنیم.

ما یک چارت سازمانی برای مرکز داریم که زیرمجموعه آن کارگروه های مختلف هستند. برای مثال ما کارگروه مدلسازی برای تهیه

مدل‌های گوناگون حل مسئله، کارگروه مطالعاتی برای مطالعه پایه‌های نکسوس و همچنین کارگروه فناوری داریم تا با استفاده از آن مدلسازی‌ها، به فناوری‌های جدید برسیم. کارگروه پروژه‌های تحقیقاتی و صنعتی که با صنایع ارتباط می‌گیرند و کارگروه آموزشی که بحث‌های آموزش و تعلیم را در پیش می‌گیرند.

انواع خدمات تخصصی مرکز به شرح زیر تنظیم شده است:

- **پژوهشی:** اجرای پروژه‌های پژوهشی.
- **مشاوره‌ای:** ارائه خدمات مشاوره‌ای به شرکت‌ها و سازمان‌ها.
- **آموزشی:** برگزاری دوره‌های آموزشی و کارگاه (در مرکز و یا در محل کارفرما).
- **آزمایشگاهی:** ارائه خدمات آزمایشگاهی تخصصی به صنایع.
- **ترویجی:** برگزاری کنفرانس، سمینار، همایش و سخنرانی.

چه فعالیت‌هایی تا به حال در این مرکز انجام شده است؟ محورهای فعالیت این مرکز چیست؟

محورهای فعالیت مرکز به شرح زیر تدوین شده و اجرایی شدن آنها در صنایع فرآیندی کشور با رویکرد چند جانبه‌نگری و هم‌افزایی این موضوعات خواهد بود.

آب: تصفیه فاضلاب، بازیافت آب، ارزیابی ردپای آب در تولید محصولات، شیرین‌سازی و نمک‌زدایی آب، مدیریت مصرف، بازچرخانی آب و ارزیابی برهمکنش‌های مصرف آب و تولید انرژی.

انرژی: مدیریت انرژی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، بهینه‌سازی فرآیند، انرژی‌های تجدیدپذیر، طراحی و یکپارچه‌سازی فرآیند. اندازه‌گیری و صحه‌گذاری انرژی، ممیزی انرژی و ذخیره‌سازی انرژی.

محیط زیست: مدیریت کربن، ردپای کربن، تدوین استراتژی کربن، مکانیزم‌های حمایتی بین‌المللی، موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای، انطباق با تغییر اقلیم، آلاینده‌های هوا، تاب‌آوری، ظرفیت‌سازی، مسئولیت اجتماعی، ارزیابی چرخه حیات، ارزیابی اثرات زیست محیطی، یکپارچگی زیست محیطی و توسعه پایدار.

به این دلیل که هم تا الان فضای کار فیزیکی نداشتیم و هم کمبود نیروی متخصص داریم، به جز چند فعالیت جزئی، هنوز آنچنان فعالیت خاصی در این مرکز صورت نگرفته است. به طور کلی تاکنون، به خصوص در دانشکده‌های مهندسی

به‌عنوان کلام آخر، اگر موضوعی هست که مطرح نشد، بفرمایید.

به نظرم فعالیت دانشجویان باید در این زمینه‌ها بیشتر شود. ما یک فعالیتی را استارت می‌زنیم و اهمیت نیروی انسانی در پیشرفت این فعالیت بسیار بالا است. میزان پیشرفت این مرکز و فعالیت‌های آن به تلاش‌های نیروی انسانی، دانشجویان و فارغ التحصیلان بستگی دارد. برنامه داریم در چندماه آینده با برگزاری یک وبینار بتوانیم دانشجویان علاقه‌مند را جذب کنیم و بتوانیم آن‌ها را آموزش دهیم تا با کمک و همکاری آن‌ها، در این مسیر پیشرفت کنیم. در مقابل ما نیز می توانیم به آن‌ها کمک کنیم تا با انتشار گزارش‌ها و مقالات، بتوانند در این حیطه به طور متقابل پیشرفت کنند.

در زمینه نکسوس کارهای بسیاری است که می‌تواند انجام شود و بسیار جای پیشرفت دارد.

مصاحبه کنندگان: فاطمه محق، مهدیه حسین زاده

طراحی نکسوس آب-انرژی-غذا-محیط زیست برای مدیریت کشاورزی پایدار در کرمان

تعـــدادی از پژوهشـــگران ایرانـــی بـــا هـــدف بررســـی روابط بیـــن آب، انـــرژی و غـــذا و ملاحظـــات اقتصـــادی و زیســـت محیطـــی در جیرفـــت واقـــع در اســـتان کرمان، به نکات زیر پرداخته‌اند:

بـــه حداکثـــر رســـاندن شـــاخص آب-انرژی-غـــذا (WEF[1]) و ســـود ناخالـــص، بـــه حداقل رســـاندن اســـتفاده از کودهـــا و ســـموم شـــیمیایی، کاهـــش آلودگـــی و تخریـــب محیـــط زیســـت برای مدیریـــت بهینـــه و پایـــدار منابـــع در بخـــش کشـــاورزی بـــا توجـــه بـــه محدودیت‌هـــای متعادل‌ســـازی منابـــع آب زیرزمینـــی. تاکنـــون چنیـــن تحلیـــل جامعـــی انجام نشـــده اســـت کـــه تمامی معیارهـــای نکســـوس WEF و آلودگـــی محیطـــی ناشـــی از اســـتفاده از کودهـــا و ســـموم شـــیمیایی و تخریـــب محیـــط زیســـتی ناشـــی از مصـــرف بـــی رویـــه منابع آب زیرزمینی را در نظر بگیرد.

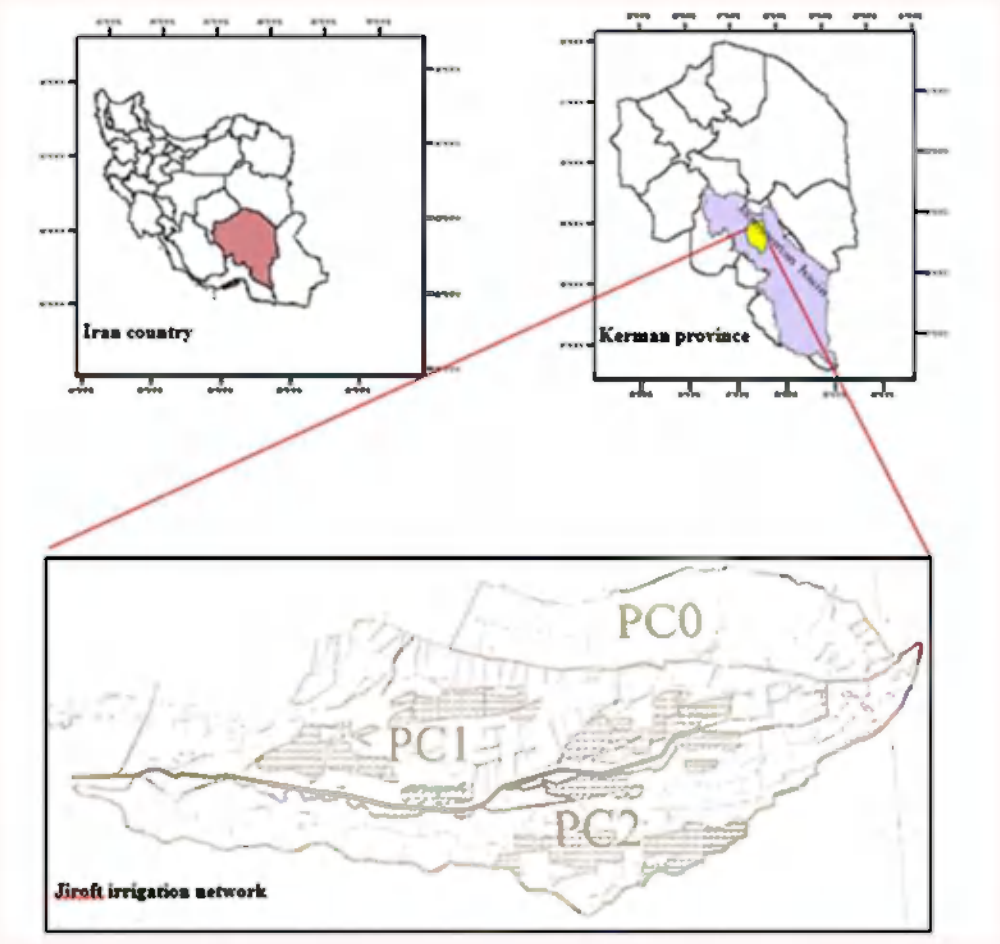
دشـــت جیرفـــت کـــه بـــه عنـــوان یکـــی از مناطـــق مهـــم کشـــاورزی ایـــران شـــناخته می‌شـــود، همـــواره بـــا محدودیـــت منابـــع آب و انـــرژی وچالش‌هـــای زیســـت محیطـــی مواجـــه بـــوده اســـت. ســـطح زیـــر کشـــت اراضـــی تحـــت پوشـــش ایـــن شـــبکه آبیـــاری حـــدود 205,18 هکتـــار اســـت و شـــامل اراضـــی کانال‌هـــای PC0، PC1 و PC2 می‌باشـــد (شکل 1).

اولیـــن دلیـــل انتخـــاب ایـــن منطقـــه، کشـــاورزی گســـترده و مصـــرف زیـــاد منابـــع آب زیرزمینـــی اســـت، بـــه طـــوری کـــه میانگیـــن اســـتفاده از منابـــع آب زیرزمینـــی در ایـــن شـــبکه آبیـــاری در طـــول ســـال‌های مـــورد مطالعـــه حـــدود 315 میلیـــون مترمکعـــب بـــوده اســـت. دلیـــل دوم کاهـــش تامیـــن آب بـــه دلیـــل بارندگـــی بســـیار کـــم در منطقـــه اســـت بـــه طـــوری کـــه در 40 ســـال گذشـــته، میانگیـــن بارندگـــی ســـالانه 182.3 میلـــی متـــر در ســـال بـــوده اســـت. ایـــن در حالـــی اســـت کـــه میانگیـــن بارندگـــی ســـالانه در ایـــران حـــدود 250 میلـــی متـــر اســـت. دلیـــل ســـوم ایـــن اســـت کـــه منابـــع آبـــی شـــبکه آبیـــاری دشـــت جیرفـــت در دهه‌هـــای اخیـــر بـــه دلیـــل خشکســـالی و پیامدهـــای تغییـــرات اقلیمـــی بـــه شـــدت کاهـــش یافتـــه اســـت. شـــکل 1 موقعیـــت جغرافیایـــی شـــبکه آبیـــاری دشـــت جیرفت در اســـتان کرمان را نشان می‌دهد.

1. WATER-ENERGY-FOOD

در ایـــن پژوهـــش ابتـــدا شـــاخص نکســـوس WEF بـــرای 11 محصـــول در شـبکه آبیـاری دشـت جیرفت محاسـبه شـــده اســـت، ســـپس توزیـــع بهینـــه منابـع و اسـتخراج الگـوی بهینه کشـت توسـط نـرم افـزار GAMS[2] با اسـتفاده از مـــدل برنامه‌ریـــزی چنـــد هدفـــه بـــه نمایـش در آمـده اسـت. اهـداف ایـن طراحـی بـه حداکثـر رسـاندن شـاخص نکسـوس WEF و سـود ناخالـص و بـه حداقـل رسـاندن اسـتفاده از کودهـا و سموم شیمیایی است.

بـــرای محاســـبه شـــاخص WEF محصـولات زراعـی، از ترکیـب معیارهای مصـرف آب و انـرژی، بهـره‌وری فیزیکـی و اقتصـادی آب و انـرژی اسـتفاده شـد. اندازه‌گیـــری بهـــره‌وری فیزیکـــی آب (WPC) توسـط محصـولات (C)، نشـان دهنده نسـبت عملکـرد محصـول (YC) بـه مقـدار مصـرف آب در واحـد سـطح اسـت. انـدازه گیـری بهـره‌وری فیزیکـی انـرژی (EPC)، نشـان دهنـده نسـبت عملکـــرد محصـــول (YC) بـــه مقـــدار انـــرژی مصرفـــی محصـــول (EC) در



شکل - موقعیت جغرافیایی شبکه آبیاری دشت جیرفت در استان کرمان، ایران

2. GENERAL ALGEBRAIC MODELING SYSTEM

واحد سطح است. معیارهای بهره وری اقتصادی آب و انرژی (WEPC و EEPC) به ترتیب از نسبت سود ناخالص (GM) محصول به میزان مصرف آب محصول (W) و مصرف انرژی محصول (E) در واحد سطح به دست می‌آیند. می‌توانید ارزش معیارهای مختلف برای محاسبه شاخص WEF محصولات مختلف را در جدول 1 مشاهده کنید.

محصولات	مساحت (ha)	W_c (m3 /ha)	E_c (Mj/ha)	Wp_c (Kg/m3)	Ep_c (Kg/Mj)	Wep_c ($/m3)	Eep_c ($/Mj)
گندم	2192	5685	44350	0.9726	0.1247	0.0522	0.0067
جو	254	3556	34127	1.0345	0.1178	0.0476	0.0054
یونجه	364	37886	46543	0.2700	0.2198	0.0118	0.0096
سیب زمینی	1089	7771	63864	4.3999	0.5354	0.0584	0.0071
پیاز	656	7571	66520	4.6900	0.5338	0.0637	0.0072
خیار	1164	5286	49867	3.6324	0.3850	0.0622	0.0066
گوجه فرنگی	1054	8314	47322	4.6400	0.8152	0.0587	0.0103
دانه ذرت	242	14000	44830	0.6043	0.1887	0.0308	0.0096
ذرت سبز	652	7600	38546	7.9592	1.5693	0.0341	0.0067
مرکبات	1927	23171	42650	0.7342	0.3989	0.0341	0.0185
خرما	8374	34771	43889	0.2173	0.1721	0.0272	0.0216

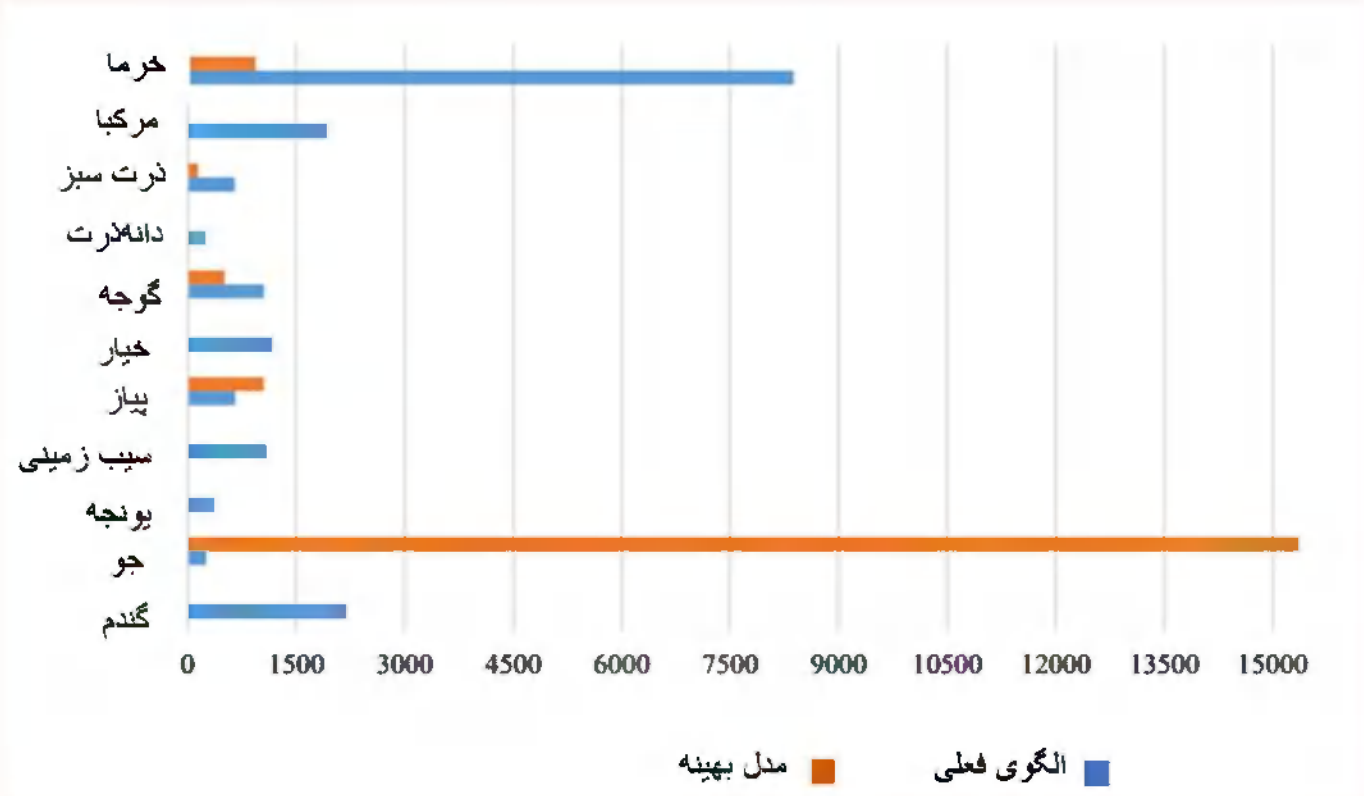
جدول - مقدار معیارهای مختلف برای محاسبه شاخص WEF

جدول ، ارزش واقعی مصرف آب و انرژی و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب و انرژی را برای محصولات زراعی و باغی عمده در شبکه آبیاری دشت جیرفت نشان می‌دهد. طبق این جدول، در شرایط فعلی بیشترین سطح زیر کشت به ترتیب به کشت خرما، گندم و مرکبات اختصاص دارد. در اینجا میزان مصرف آب در واحد سطح ممکن استبین 3886 تا 37886 مترمکعب در هکتار متغیر باشد به طوری که جو و از، خرما به ترتیب کمترین و بیشترین مصرف آب را دارند. با توجه به همین مسئله، می‌توان دریافت که میانگین مصرف آب در هر هکتار در منطقه 22248 مترمکعب و میانگین مصرف انرژی در هکتار 46173 مگاژول در هکتار است. لازم به ذکر است پیاز با 66520 مگاژول در هکتار و جو با 34127 مگاژول در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین مصرف انرژی در واحد سطح را دارند.

بهره‌وری فیزیکی آب یک معیار

ضروری است که در صورت بهبود منجر به تولید بیشتر غذا و بهبود وضعیت معیشت و خدمات اکوسیستمی می‌شود. معیار بهره‌وری اقتصادی آب نشان می‌دهد که از هر متر مکعب آب مصرفی برای کشت پیاز، سود اقتصادی 0637/0 دلاری به دست می‌آید که نشان دهنده بالاترین بهره‌وری اقتصادی آب است. در این راستا می‌توان به این نتیجه رسید که بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب مربوط به تولید پیاز بوده است. در این میان کمترین بهره‌وری اقتصادی آب مربوط به محصول یونجه بود. بنابراین، هر متر مکعب آب مصرفی برای کشت یونجه سود اقتصادی 0.0118 دلاری را به همراه دارد. لازم به ذکر است که بهره‌وری اقتصادی پایین آب برای یونجه درحوضه شازند در استان مرکزی نیز مشاهده شده است. چهار محصول جو، خیار، گندم و ذرت سبز به ترتیب کمترین بهره‌وری انرژی را دارند. در این میان بیشترین بهره‌وری اقتصادی انرژی به ترتیب مربوط به خرما، مرکبات و گوجه فرنگی است.

بررسی معیارهای مختلف در مورد آب نشان می‌دهد که بین معیارهای مصرف آب و بهره‌وری اقتصادی آب رابطه تقریبا معکوس وجود دارد. به عنوان مثال، سه محصول یونجه، خرما و مرکبات در مقایسه با سایر محصولات مصرف آب بالا و بهره‌وری آب پایینی دارند. همچنین هیچ رابطه روشنی بین مصرف، بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی انرژی وجود ندارد. در نتیجه، مصرف انرژی بیشتر، لزوماً منجر به عملکرد بهتر یا منافع اقتصادی نمی‌شود. همانطور که در شکل 2 مشاهده می‌کنید دو محصول گندم و مرکبات در الگوی بهینه جایی ندارند. با این حال، این محصولات سهم بالایی از الگوی کشت فعلی دارند. در مقابل، سهم محصولات جو در الگوی کشت بهینه نسبت به الگوی فعلی افزایش شدیدی را نشان می‌دهد. زیرا تولید جو از نظر منابع آبی، انرژی و کود و سموم شیمیایی نسبت به سایر محصولات بسیار مطلوب است. با این وجود نکته قابل توجه پایین بودن سود ناخالص این محصول در مقایسه با سایر محصولات است که به عنوان تهدیدی برای معیشت کشاورزان شناخته می‌شود.



شکل - مقایسه الگوی کشت بهینه و الگوی فعلی

نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش نشان داد که با توجه به بحران آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، تامین و حفظ منابع آب از اهمیت بالایی در بخش کشاورزی برخوردار است. این موضوع به طور ناخواسته توجه به منابع تامین انرژی را کاهش می‌دهد. بنابراین، مدیریت بهینه منابع در بخش کشاورزی، بر مدیریت منابع آب بر اساس رویکرد نکسوس WEF تاکید بیشتری دارد. از سوی دیگر، مشخص شد که در نظر گرفتن رویکرد نکسوس WEF به تنهایی نمی‌تواند منجر به پایداری زیست محیطی شود. با دستیابی به هدف پایداری منابع آب، انرژی و محیط زیست؛ سود ناخالص تولید کشاورزان در شبکه آبیاری دشت جیرفت کاهش می‌یابد. بنابراین تضاد آشکاری بین اهداف پایداری منابع آب، انرژی و محیط زیست با سود دهی کشاورزان مشاهده می‌شود. در نتیجه، اتخاذ یک الگوی کشت بهینه استخراج شده از رویکرد نکسوس WEF ممکن

با چندین چالش مواجه شود. بنابراین، دولت باید سیاست‌های مناسبی را برای تشویق کشاورزان به کشت بیشتر محصول اعمال کند. همچنین توصیه می‌شود در مطالعات آتی، سیاست‌های مختلف در اجرای الگوی پیشنهادی بررسی شود.

نویسنده و گرداورنده خبر: شقایق میرزایی

برای دسترسی به منابع QR کد را اسکن کنید یا به قسمت منابع مراجعه کنید:

بررسی مدل دینامیکی نکسوس آب، انرژی و غذا در قاره آفریقا

بنیاد RES4AFRICA[1] به‌تازگی مقاله‌ای منتشر کرده است که به بررسی مشکلات و پیچیدگی‌های مرتبط با امنیت آب، انرژی و غذا در قاره آفریقا می‌پردازد. این مقاله، نیاز به راه‌حل‌های نوآورانه، متناسب با مشکلات مردم محلی و توانایی پاسخگویی به خطرات خاص را برجسته می‌کند. همچنین مطالعات جدید به بررسی راه‌حل‌های تازه برای پیوند آب، انرژی و غذا WEF NEXUS[2] پرداخته‌اند و نوعی زنجیره را برای تامین مالی این ارتباط مطرح می‌کنند. این زنجیره که به نمایندگی از برنامه گفتگوهای منطقه‌ای NEXUS شکل گرفته، با بودجه مشترک اتحادیه اروپا و وزارت همکاری اقتصادی و توسعه فدرال آلمان BMZ تامین مالی شده و توسط شرکت GIZ[3] اجرا می‌شود.

توسعه پایدار در آفریقا یک چالش چند وجهی است که در این میان، ارتباط بین آب، انرژی و غذا یک عامل کلیدی به‌حساب می‌آید که نباید نادیده گرفته شود. آب هم برای تولید غذا و هم برای تولید برق همواره مورد نیاز بوده، این درحالی است که خود انرژی الکتریکی نیز برای کارهایی مانند پمپاژ، تصفیه آب و کشت و برداشت مواد غذایی استفاده می‌شود (جدول 1). در حقیقت، رشد جوامع بدون دسترسی کافی به آب پاک، منابع انرژی پایدار، و مواد غذایی مغذی ممکن نیست.

با این حال، در بسیاری از مناطق قاره آفریقا، دسترسی پایدار و مقرون به صرفه به آب همواره یک چالش جدی محسوب می‌شود. چنین کمبودی بر نیازهای اساسی انسان تأثیر می‌گذارد، زیرا بیش از 8 میلیون نفر در سراسر این مناطق با کمبود شدید آب مواجه هستند. بانک جهانی تخمین می زند که تولید انرژی در آفریقا تا 10 برابر بیشتر از سایر مناطق جهان مصرف آب دارد. این بدان معناست که بحران‌های مکرر قطعی برق این قاره را می‌توان تا حد زیادی به کمبود منابع آب و ناکارآمدی در مدیریت منابع موجود نسبت داد.

---

1. بنیاد RES4AFRICA به توسعه و گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر به‌صورت غیرمتمرکز برای رفع نیاز به انرژی در جوامع محلی آفریقا می‌پردازد.

2. WATER-ENERGY-FOOD

3. شرکت آلمانی و دولتی ارائه‌دهنده خدمات حرفه‌ای است، که در سال 2011 تأسیس شد.

به‌عنوان مثال، تخمین زده می‌شود که رشد تقاضا برای غذا، آب و انرژی تا سال 2030 در آفریقا به ترتیب 35، 40 و 50 درصد باشد که به‌دلیل رشد جمعیت، شهرنشینی و افزایش سه میلیارد نفری از طبقه متوسط تا سال 2030 است. چنین افزایشی در شاخص‌های کلیدی و مهم باید با پیشرفت های محسوسی در تولید مواد غذایی پشتیبانی شود و دقیقاً اینجاست که شاخص آب، انرژی و غذا با تمام اثربخشی خود وارد میدان می‌شود.

این راهبردها حول یکپارچه‌سازی فناوری‌های نوآورانه، مانند صنعت کشاورزی یا آبیاری دقیق و ذخیره‌سازی سرد می‌چرخند. با استفاده از پتانسیل این پیشرفت‌ها، کشاورزان می‌توانند شرایط عملکردی خود را متحول کرده و به سطوح بی‌سابقه‌ای از کارایی و موفقیت دست یابند. طرح پیشنهادی این پتانسیل را دارد که یک برگ برنده برای مناطق بایر و کم آب مانند منطقه MENA[4] باشد. با این حال، این مناطق همچنان یکی از بزرگترین واردکنندگان مواد غذایی در جهان بوده و در دو سوم این کشورها کمتر از 5 درصد زمین‌ها برای کشاورزی در دسترس هستند. در سال 2020، سهم این منطقه از جمعیتی که با ناامنی مواد غذایی در جهان مواجه هستند در حدود 20٪ بود که با توجه به اینکه تنها 6٪ از جمعیت جهان در این منطقه زندگی می‌کنند، فوق‌العاده بالا است.

حتی با وجود افزایش آگاهی در مورد ارتباط مهم و تنگاتنگ بین این سه بخش، هنوز چالش‌ها و موانعی وجود دارد که ما را از توسعه واقعی پروژه های WEF باز می‌دارد. این چالش‌ها از ذهنیت سیلو[5] که در سازمان‌های نهادی و خصوصی شایع است نشات می‌گیرد. همچنین نبود گزینه‌های کافی برای تأمین مالی مناسب که امکان گسترش اینگونه پروژه‌های پیوندی را از ما سلب می‌کند در کنار فقدان مدل‌های کسب‌وکار برای نظارت و مدیریت یکپارچه، بر این موانع می‌افزاید.

بنابراین ما با یک زمینه گسترده و بسیار پیچیده روبرو هستیم که بنیاد RES4AFRICA تصمیم گرفت آن را در دو مطالعه جدید خود بررسی کند. طراحی راه‌حل‌های نوآورانه برای پیوند آب، انرژی و غذا و تامین مالی این ارتباط که توسط نمایندگانی از گفتگوهای منطقه‌ای NEXUS انجام می‌شود.

---

4. MIDDLE EAST AND NORTH AFRICA
5. SILO MENTALITY

با تجزیه و تحلیل این طرح و بررسی اینکه چگونه مدل‌های کسب‌وکار برای آب، انرژی و غذا در منطقه MENA می‌توانند در چند سال آینده از طریق یک نقشه راه سازمان‌یافته، تحقق یابند، مشاهده می‌شود که مقامات نه‌تنها باید مقررات ملی را مطابق چشم‌انداز ترسیم کرده، بلکه باید آنها را با اقدامات خاصی برای ترویج ارتباط میان انرژی، آب و غذا بتوانند ادغام کنند. بخش تجارت آفریقا سنگ بنای دیگری است که باید قویاً تقویت شود. شفاف‌سازی و ایمن کردن این بخش فرصت‌های سرمایه‌گذاری را برای شرکت‌های خصوصی به حداکثر می‌رساند. آخرین حوزه برای مداخله و بررسی در این طرح، صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر است. با بسیج منابع برای حمایت از پروژه‌ها و استراتژی‌های مرتبط با WEF NEXUS که متناسب با محیط خاص و نیازهای توسعه هر کشور طراحی شده است، می‌توان بین این سه بخش هم افزایی ایجاد کرد.

گسترش استفاده از مدل‌های WEF در نهایت می‌تواند شتاب قابل توجه‌ای به تولید انرژی در آفریقا داده و همچنین تضمینی برای افزایش کیفیت زندگی باشد. با استفاده از مدل‌های کسب‌وکار و مکانیسم‌های مالی که بر ارتباطات WEF تمرکز می‌کنند، کشورها می‌توانند ظرفیت تولید اقتصادی را افزایش داده و رفاه اجتماعی و اقتصادی را برای کاهش و سازگاری با اثرات تغییرات آب‌وهوایی افزایش دهند. با استراتژی‌ها و ابزارهای مناسب، می توان از سیستم‌های آب، انرژی و غذای آفریقا در راستای ایجاد آینده‌ای پایدار برای این قاره و مردم آن استفاده کرد.

شکل - افرادی که در مزارع نزدیک روستای سانگا، منطقه دوگون، درکشور مالی واقع در غرب قاره آفریقا کار می‌کنند.

فعالیت	آب	انرژی	غذا
آبیاری برقی[1]	- آب پمپ شده برای کشاورزی تقسیم بر مقدار انرژی فسیلی مصرف شده - آب پمپ شده برای آبیاری به مساحت زمین‌های آبیاری شده	- انرژی فسیلی مصرف شده تقسیم بر مساحت زمین‌های آبیاری شده - انرژی فسیلی مصرف شده به غذای تولید شده	- تغییر در مقدار تولید کشاورزی به ظرفیت پمپاژ - زمین تحت سیستم‌های پمپاژ به ظرفیت پمپاژ
شیرین‌سازی آب برای کشاورزی[2]	- آب تصفیه استفاده شده به مقدار محصولات تولید شده - هزینه تصفیه آب برای کشاورزی	- انرژی مصرف شده به ازای میزان آب تصفیه شده - انرژی فسیلی استفاده شده به ازای مقدار محصول کشاورزی	- زمین مورد استفاده برای شیرین‌سازی آب به مقدار آب نمک‌زدایی شده - مقدار محصول کشاورزی تولید شده به هزینه شیرین‌سازی آب
تولید برق‌آبی[3]	- تغییر در آب خارج شده از رودخانه به میزان الکتریسیته تولید شده از برق آبی - آب مصرف شده برای تولید پروتئین به دلیل کاهش ماهی در دسترس به ازای ظرفیت تولید برق‌آبی	- کل انرژی برق‌آبی تولید شده به ازای کل مساحت مخزن - کل انرژی برق‌آبی تولید شده به ازای کل مساحت آبیاری شده به وسیله سد	- تغییر در میزان ماهیگیری در سد به ازای ظرفیت تولید برق‌آبی - زمین کشاورزی محروم از آبیاری به ظرفیت تولید برق‌آبی

جدول - برخی از فعالیت‌های دارای هم پیوندی آب - انرژی - غذا

SCAN ME

مترجم و گردآوردنده: علی طاهری استاد

برای دسترسی به منابع QR کد را اسکن کنید

یا به قسمت منابع مراجعه کنید:

[1]

HTTPS://WWW.NATURE.COM/ARTICLES/S41893-018-0135-8

[2]

HTTPS://WWW.SID.IR/FILESERVER/SF/9371397H1415

HTTPS://WWW.INTECHOPEN.COM/

HTTPS://NEWS.MIT.EDU/2022/SOLAR-DESALINATION-SYSTEM-INEXPENSIVE-0214

HTTPS://WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE/ABS/PII/S0011916418321258

HTTPS://WWW.LINKEDIN.COM/IN/HADI-GHASEMI-66067111

HTTPS://WWW.NATURE.COM/ARTICLES/S41467-022-28457-8

[3]

HTTPS://WWW.WATER-ENERGY-FOOD.ORG

HTTPS://WWW.CARECECO.ORG

HTTPS://WWW.KNOWLEDGE4POLICY.EC.EUROPA.EU

[4]

HTTPS://LEAP.SEI.ORG/DEFAULT.ASP?ACTION=INTRODUCTION

[5]

HTTPS://WWW.HBKU.EDU.QA/EN/QEERI-ICSEWEN23

[6]

HTTPS://RATIONALMIDDLE.COM/EXPERTS/DR-MICHAEL-WEBBER/

HTTPS://WWW.MCCOMBS.UTEXAS.EDU/EXECED/ABOUT-US/FACULTY/MICHAEL-WEBBER/

HTTPS://WEGSITE.WPENGINE.COM/EDUCATION/

HTTPS://WEBBERENERGYGROUP.COM/ABOUT/

[7]
SIMPSON, GARETH B., ET AL. "THE WATER-ENERGY-FOOD NEXUS INDEX: A TOOL TO SUPPORT INTEGRATED RESOURCE PLANNING, MANAGEMENT AND SECURITY." FRONTIERS IN WATER 4 (2022): 825854.
[8]
WU, ZITAO, HAIBO ZHAI, ERIC J GROL, CHAD M ABLE, AND NICHOLAS S SIEFERT. "TREATMENT OF BRACKISH WATER FOR FOSSIL POWER PLANT COOLING." NATURE WATER (2023): 1-13.
HTTPS://NETL.DOE.GOV/NODE/12619
[9]
HTTPS://RESEARCH-AND-INNOVATION.EC.EUROPA.EU/NEWS/ALL-RESEARCH-AND-INNOVATION-NEWS/UNDERSTANDING-CLIMATE-WATER-ENERGY-FOOD-NEXUS-AND-STREAMLINING-WATER-RELATED-POLICIES-2021-03-19_EN.
[10]
HTTPS://WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE/ABS/PII/S0022169409007653?VIA%3DIHUB
[11]
HTTPS://WEFNEXUS.ORG/PROJECTS
HTTPS://WWW.WATER-ENERGY-FOOD.ORG/SEARCH
[12]
MIRZAEI, ABBAS, ABAS ABDESHAHI, HASSAN AZARM, AND SOMAYEH NAGHAVI. "NEW DESIGN OF WATER-ENERGY-FOOD-ENVIRONMENT NEXUS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURAL MANAGEMENT." STOCHASTIC ENVIRONMENTAL RESEARCH AND RISK ASSESSMENT 36, NO. 7 (2022): 1861-1874.
[13]
HTTPS://WWW.WATER-ENERGY-FOOD.ORG//NEWS/THE-WATER-ENERGY-FOOD-NEXUS-WHY-IS-ENERGY-SO-IMPORTANT-FOR-FOOD-AND-WATER-SECURITY

SCAN ME
TECHNOZISM@GMAIL.COM
TECHNOZISM
TECHNOZISMSJ.UT.AC.IR
LINKEDIN.COM/COMPANY/TECHNOZISM