نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۲۵-۱۱

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 1, March-April 2020, p. 11-25

تأثیر رویکرد پیوندی آب، انرژی و غذا در مدیریت یکپارچه منابع آب شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود

زینب اسلامی[۱]- سمیه جنت رستمی[۲*]- افشین اشرف زاده[۳]- یاور پورمحمد[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰

چکیده

جمعیت رو به افزایش جهان به‌خصوص کشورهای در حال توسعه از یک سو و نیاز به تأمین غذا برای این جمعیت از سوی دیگر، نتیجه‌ای جز برداشت بی‌رویه از منابع را به دنبال نداشته است. به دنبال تعیین اهداف هزاره سوم سازمان ملل متحد، پژوهشگران رویکردهای میان‌رشته‌ای متنوعی را برای دستیابی به نوعی تعادل پویا در تولید و مصرف منابع ارائه داده‌اند که از مهم‌ترین آن‌ها رویکرد پیوند آب، انرژی و غذا است. با توجه به محدودیت‌های منابع موجود که روز به روز تشدید می‌گردد، این رویکرد با استفاده از یکپارچه‌سازی چرخه آب، انرژی و غذا سبب افزایش بهره‌وری می گردد. آب، انرژی و غذا علی‌رغم داشتن تفاوت‌های ذاتی از دیدگاه سیستمی، شباهت‌های فراوانی دارند، که به دلیل این ارتباط سیستمی و اثر متقابل آن‌ها بر یکدیگر، امروزه مفهوم جدیدی به نام رویکرد پیوندی مطرح شده است. با توجه به اهمیت این رویکرد در مدیریت یکپارچه منابع آب در این پژوهش، به‌منظور مدیریت شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود واقع در استان گیلان، یکی از استان‌های واقع در حوضه‌ی آبریز سفیدرود از این رویکرد استفاده شده است. در این راستا، از نرم‌افزارهای WEAP برای مدیریت منابع آب و غذا و نرم‌افزار LEAP برای مدیریت بخش انرژی در شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود استفاده شد. سپس با برقراری ارتباط بین این دو نرم‌افزار، به مدیریت یکپارچه منابع آب این منطقه پرداخته شد. سپس پارامترهای خروجی مدل ارتباطی توسعه داده شد، مانند نیاز خالص آب در منطقه، نقطه نیاز به منابع آبی، آب عرضه نشده و درصد تأمین نیاز بدون در نظر گرفتن بخش انرژی و با در نظر گرفتن انرژی مقایسه شدند. نتایج این مطالعه نشان داد نیاز خالص آبی و آب عرضه شده به شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود در سال ۲۰۱۶ با رویکرد پیوندی، به‌ترتیب ۸/۶ و ۸/۷ میلیون متر مکعب بیشتر از حالت بدون رویکرد پیوندی به‌دست آمد. بنابراین بخش قابل توجهی از مقادیر عرضه و تقاضا در مدیریت غیرپیوندی در نظر گرفته نمی‌شود. در حالی‌که، هر چه این مقادیر به واقعیت نزدیک‌تر باشد، برنامه‌ریزی‌های مدیریتی منطقی‌تر و درصد اجرای آن‌ها نیز افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: استان گیلان، رابطه پیوندی، مدیریت یکپارچه، WEAP، LEAP

مقدمه

برنامه‌ریزان منابع آب در سراسر دنیا به طور گسترده از مفهوم مدیریت یکپارچه منابع آب استفاده می‌کنند. با توجه به تعریف سازمان جهانی همکاری آب[۵]، مدیریت یکپارچه منابع آب فرایندی است که توسعه و مدیریت همزمان آب، زمین و منابع وابسته را به‌منظور حداکثر کردن رفاه اقتصادی و اجتماعی به شیوه‌ای عادلانه و بدون آسیب به پایداری اکوسیستم‌های حیاتی دنبال می‌کند (۱). با افزایش توسعه در جوامع جهانی و همچنین رشد جمعیت نیاز به منابع حیاتی همچون آب، انرژی و غذا نیز افزایش یافته است (۲). لذا اعمال رویکردهایی به منظور بهبود مدیریت و حفظ منابع حائز اهمیت است. آب، انرژی و غذا به طور جدایی‌ناپذیری با یکدیگر در ارتباط هستند، به طوری‌که هر یک از این منابع به یکدیگر وابسته هستند (۳). آب نقش مهمی را در هر یک از مراحل استخراج انرژی ایفا می‌کند، که شامل استخراج، تولید و فرآوری سوخت‌های فسیلی، تولید برق و تصفیه ضایعات مربوط به فعالیت‌های بخش انرژی است. آب و انرژی برای تولید مواد غذایی در کشاورزی مورد نیاز است، که عمدتا برای آبیاری، تولید و فرآوری محصولات کشاورزی استفاده می‌شود (۴).

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، استادیار و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
(*- نویسنده مسئول: ..... Email: janatrostami@guilan.ac.ir)
۴- دانش آموخته دکتری تخصصی آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
DOI: 10.22067/jsw.v34i1.81897
5- The World Bank IEG

www.SID.ir

Archive of SID

آب، انرژی و غذا به‌رغم داشتن تفاوت‌های ذاتی، از دیدگاه سیستمی شباهت‌های فراوانی دارند. به دلیل ارتباط نزدیک از دیدگاه سیستمی و اثر متقابل آن‌ها بر یکدیگر، امروزه مفهوم جدیدی به نام رویکرد پیوندی[1] مطرح شده است، که اشاره به ذات بهم پیوسته و اثرات متقابل منابع سه‌گانه به یکدیگر دارد (۵). ارتباط بین منابع آب، انرژی و غذا به صورت رابطه آب- انرژی- غذا[2] (WEF) تعریف می‌شود. مدیریت رویکرد پیوندی با هدف تأمین امنیت WEF مستلزم رویکردهای یکپارچه و یا ابزاری برای تجزیه و تحلیل است، که قادر به شناسایی تبادلات بین بخش‌های مختلف، برنامه‌ریزی مقرون به صرفه تولید و مدیریت استراتژی‌ها و سیاست‌ها باشد (۶). امروزه، با توجه به اهمیت محدودیت این سه منبع حیاتی و افزایش سریع جمعیت جهان، مفهوم رابطه پیوندی در مدیریت منابع آب، انرژی و غذا، توجه محققان زیادی را در سطح بین‌المللی به خود معطوف کرده است (۷). از این رو، کاراتایاو و همکاران در تحقیقی رویکرد پیوندی را برای شناسایی ارتباط بین منابع آب و تولید انرژی و کشاورزی در کشور قزاقستان به کار گرفتند (۸). اخیرا کادورا و ال خطیب در مطالعه‌ای با بررسی ابزارهای موجود برای مدل‌سازی رویکرد پیوندی در جهت استفاده برای مدیریت یکپارچه به معرفی قابلیت‌های ابزارهای موجود برای کمک به سیاست‌گذاران، متخصصان و فعالان حیطه‌ی رویکرد پیوندی پرداختند (۴). امروزه تجزیه و تحلیل مسائل منابع آب با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی که فرآیندهایی از قبیل بارش، تبخیر، نفوذ و رواناب و همچنین مدل‌های هیدرولوژیکی که تأثیر سازه‌هایی از قبیل سدها و کانال‌ها را در مدیریت سیستم شبیه‌سازی می‌کنند، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۹). لذا برای پیاده‌سازی رویکرد پیوندی در این پژوهش، با توجه به قابلیت‌ها و محدویت‌های ابزارهای موجود نرم‌افزارهای WEAP و LEAP برای مدل‌سازی انتخاب شدند. در راستای این هدف کالبرگ و همکاران با استفاده از ابزار پیوند WEAP و LEAP سناریوهای مدیریتی را در راستای تعادل بین عرضه و تقاضا در کشور اتیوپی توسعه دادند (۱۰). سان و همکاران نیز با استفاده از همین ابزار به بررسی تأثیرات تغییرات اقلیمی بر منابع آب و انرژی منطقه پکن چین پرداختند (۱۱). بنابراین، در این پژوهش به منظور نمایش اهمیت استفاده از رویکرد پیوندی آب، غذا و انرژی در مدیریت منابع آب، این رویکرد در مدیریت آبی پایین‌دست سد مخزنی سفیدرود به عنوان یکی از سدهایی که علاوه بر تامین انرژی برقابی، دارای هدف تامین آب اراضی کشاورزی شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود است، به کار گرفته شد. در مدل‌سازی رویکرد پیوندی از ابزار WEAP برای مدل‌سازی بخش آب و کشاورزی و ابزار LEAP برای مدل‌سازی منابع و مصارف بخش انرژی استفاده شد.

مواد و روش‌ها

مدل‌های مورد استفاده

در ژانویه ۲۰۱۵ آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر[3] (IRENA)، هشت ابزار برای مدلسازی رابطه پیوندی معرفی کردند که کادورا و ال خطیب قابلیت مدلسازی این ابزارها را بررسی کردند (۴). از قابلیت‌های مدل‌های WEAP و LEAP به عنوان یکی از ابزارهای کابردی رویکرد پیوندی که توسط کادورا و ال خطیب بررسی شده‌اند، می‌توان به دسترسی رایگان کشورهای در حال توسعه به این ابزارها اشاره کرد. علاوه بر این، محیط کار با نرم‌افزار، بسیار کاربرپسند است و این ابزارها قابلیت انجام تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی پروژه‌ها را دارند (۱۲). شایان ذکر است که دو مدل WEAP و LEAP به تنهایی به عنوان ابزار پیوندی به حساب نمی‌آیند که در صورت اتصال آن‌ها با یکدیگر، به عنوان ابزار پیوندی تا حدودی یکپارچه‌سازی بین بخش‌های آب و انرژی را انجام می‌دهد (۱۳). به نسبت سایر ابزارها ساختار داده‌های ورودی آن‌ها به راحتی توسط کاربر قابل تنظیم است. در جایی که داده‌ها به‌صورت کامل در دسترس نباشد، کاربر می‌تواند این ابزار را بر اساس یک ساختار داده محدود ایجاد کند. تجزیه و تحلیل سناریوهای مختلف در هر دو ابزار نهفته است و کاربر را در تصمیم‌گیری صحیح یاری می‌رساند. ویژگی هایی که ذکر شد، مانند عدم الزام گستردگی داده‌های ورودی، محیط کاربرپسند، رایگان بودن و غیره از دلایل انتخاب این ابزار برای پیاده-سازی مدیریت توامان آب، غذا و انرژی در شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود در استان گیلان می‌باشد. با توجه به اینکه، یکی از موانع برای دستیابی به اهداف این پژوهش، محدودیت دسترسی به داده‌های منسجم و صحیح می‌باشد، این ابزارها برای مدلسازی شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود استفاده شدند.

مدل WEAP

مدل WEAP در سال ۱۹۹۰ توسط مؤسسه محیط زیست استکهلم[4] توسعه یافت و تاکنون طی دو نسخه WEAP99 که تحت سیستم عامل DOS بوده و WEAP21 که تحت سیستم عامل Windows بوده، به بازار عرضه شده است. WEAP یک نرم‌افزار جامع و پیشرفته شبیه‌سازی سیستمی منابع آب است که در مدیریت

1- Nexus Approach
2- Water-Energy-Food
3- International Renewable Energy Agency
4- Stockholm Environment Institute

www.SID.ir

Archive of SID

منابع آب حوضه‌های آبریز کاربرد گسترده‌ای دارد. این نرم‌افزار، یک ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری است و امکان تحلیل کاملی از منابع و مصارف آب در حال و آینده را فراهم می‌سازد. هنگامی که مصرف آب به صورت چند منظوره و با رقابت انجام می‌شود، مدل WEAP این امکان را فراهم می‌کند که الگوهای مختلف مدیریتی تحلیل و بررسی شوند (۱۴). این مدل، بر اساس معادلات پایه بیلان آبی عمل کرده و آن را می‌توان در سیستم‌های شهری و کشاورزی، حوضه‌های مستقل یا سیستم‌های رودخانه‌ای مرزی پیچیده به کار برد. علاوه بر این می تواند محدوده زیادی از مسائل مانند تحلیل نیاز هر بخش، حفاظت آب، حقابه‌ها و اولویت‌های تخصیص، شبیه‌سازی آب‌های سطحی و زیرزمینی، بهره‌برداری از مخزن، تولید انرژی برقابی، روندیابی آلودگی، نیازهای اکوسیستم، ارزیابی آسیب‌پذیری و تحلیل سود–هزینه طرح را پوشش دهد. اساس این نرم‌افزار بر پایه محاسبه بیلان آب می‌باشد و مهندسی منابع آب و مهندسی محیطزیست را به‌طور همزمان مورد توجه قرار می‌دهد. در مدل WEAP از رابطه (۱) برای محاسبه نیاز کل آب سیستم استفاده می‌شود.

$$AD = \sum(TAL \times WUR) \quad (۱)$$

در این معادله، AD نیاز آب سالانه، TAL سطح فعالیت کل که بسته به نوع نقطه نیاز ممکن است برای مناطق مسکونی نفر یا کشاورزی هکتار باشد و WUR سرانه مصرف آب که واحد آن متر مکعب در سال می‌باشد. رواناب در مدل با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$R = MAX(0, PAE_{ETp}) + (P \times (1 - PE)) + ((1 - IF) \times S) \quad (۲)$$

که در این رابطه، R رواناب، PAE میزان بارندگی که مستقیما تبخیر می‌شود، ETp تبخیر و تعرق پتانسیل، P بارش، PE بارش مؤثر، IF جزء آبیاری و S حجم ذخیره می‌باشد (تمام اجزاء بر حسب میلی‌متر). برای محاسبه میزان تغذیه آب‌های زیرزمینی از رواناب‌ها از رابطه (۳)، و برای محاسبه حجم آب‌های سطحی از رابطه (۴) استفاده می‌شود:

$$RTG = \sum(R \times RTGF) \quad (۳)$$

$$RTS = \sum(R \times (1 - RTGF)) \quad (۴)$$

که RTG تغذیه آب زیرزمینی (متر مکعب)، RTGF ضریب تغذیه آب زیرزمینی و RTS تغذیه آب سطحی (متر مکعب) می‌باشد. جریان آب رودخانه در پایین‌دست مدل با استفاده از رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$DO = UI + SI + GFTR - RFTG - E \quad (۵)$$

که در آن DO جریان آب در پایین دست، UI جریان آب در بالا دست، SI ورود جریان آب سطحی، GFTR تغذیه توسط آب زیرزمینی، RFTG تخلیه به آب زیرزمینی و E تبخیر می‌باشد. کلیه واحدها در این رابطه به متر مکعب بر ثانیه تنظیم شده‌اند (۱۴).

مدل LEAP

LEAP یک سیستم برنامه‌ریزی یکپارچه است که مانند WEAP توسط مؤسسه محیطزیست استکهلم توسعه یافته است. این مدل، قابلیت مدل‌سازی و تحلیل مسائل گسترده برق و آب کشور را میسر می‌کند. استفاده از این مدل بسیار شفاف بوده و امکان برنامه‌ریزی حقیقی برای رسیدن به اهداف واقعی را فراهم می‌کند و در عین سادگی بسیار قدرتمند بوده و یک سیستم هوشمند یکپارچه برای مدیریت دو بخش استراتژیک برق و آب کشور می‌باشد. مدل LEAP بر پایه محاسبات سلسله مراتبی و سیستماتیک می‌باشد که به دلیل ساختار داده‌های انعطاف‌پذیر در این مدل، این امکان فراهم می‌شود تا تصمیم‌گیران به راحتی ایده مورد نظر خود را در یک محیط و بستر مجازی که نماینده سیستم انرژی است بدون ذخیره مدل‌های بسیار پیچیده ارزیابی نمایند. LEAP به‌عنوان ابزار پیش‌بینی، کاربران را قادر می‌سازد که عرضه و تقاضای انرژی را در افق برنامه‌ریزی پیش بینی نمایند و همچنین به‌عنوان ابزار تجزیه و تحلیل سیاست‌های انرژی، تأثیرات فیزیکی، اقتصادی و زیست‌محیطی برنامه‌های انرژی جایگزین، سرمایه‌گذاری و اقدامات بهینه‌سازی را فراهم می‌کند (۱۵). از جمله کاربردهای مدل LEAP در مقیاس جهانی می‌توان به مطالعه روند انرژی جهان در یک مدل ۲۰ منطقه‌ای برای اجلاس Rio+20 در سال ۲۰۱۲ اشاره کرد. همچنین در سال ۲۰۱۲ برای پشتیبانی برنامه‌ریزی انرژی پاک و تغییرات آب و هوایی ماساچوست مدل‌سازی انجام شد.

ارتباط مدل‌های WEAP و LEAP

برای دستیابی به رویکرد پیوندی در مدیریت منابع سه‌گانه آب، انرژی و غذا، بخش عرضه و تقاضای انرژی الکتریکی منطقه با استفاده از نرم‌افزار LEAP مدل‌سازی می‌شود. تولید غذا نیز نیازمند مصرف توامان آب و انرژی می‌باشد، استحصال و عرضه آب سطحی و زیرزمینی به هدف کشاورزی نیازمند صرف انرژی است، که ایجاد ارتباط ما بین این‌ها در نرم‌افزار شبیه‌سازی سیستم انرژی LEAP، با تبدیل حجم آب مصرفی کشاورزی تعریف شده در نرم‌افزار شبیه‌ساز منابع آبیWEAP، به واحد جرم و سپس تبدیل آن به واحد نیرو و در نهایت با تکیه بر مفهوم کار در فیزیک (کار انجام شده برابر است با حاصل‌ضرب نیرو در جابجایی) انجام می‌شود. با استفاده از ابزار تعبیه شده در نرم‌افزارهای WEAP و LEAP، دو نرم‌افزار به یکدیگر متصل می‌شوند.

منطقه مورد مطالعه

استان گیلان با مساحت ۱۴۰۴۴ کیلومترمربع از استان‌های شمالی ایران است، به علت بارش‌های متعدد در زمره‌ی استان‌هایی با آب و

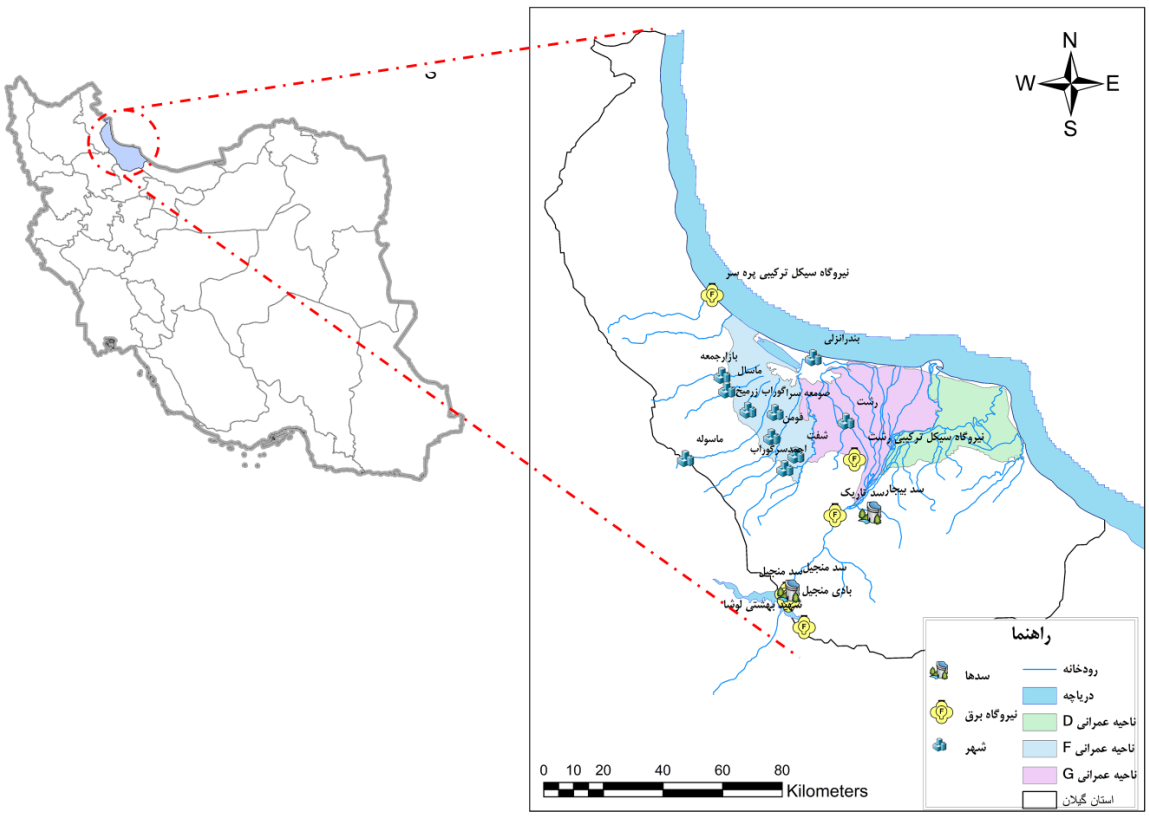
www.SID.ir

Archive of SID

هوای معتدل و مرطوب قرار دارد (۱۶). با احداث سد مخزنی سفیدرود به گنجایش ۱۸۰۰ میلیون‌متر مکعب، اجرای شبکه‌های آبیاری در دشت گیلان از سال ۱۳۴۰ آغاز و توسعه کشت برنج ادامه یافته است. شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود گیلان با مساحت جغرافیایی ۲۸۴۱۸۰ هکتار بین طول جغرافیایی ۴۹/۱۲ و ۵۰/۲۷ و عرض جغرافیایی ۳۷/۰۸ و ۳۷/۶۰ در استان گیلان قرار دارد و در قالب ۱۷ واحد عمرانی شکل گرفته است (۱۷ و ۱۸). واحدهای عمرانی شبکه آبیاری سفیدرود در سمت راست رودخانه سفیدرود شامل واحدهای D1 تا D5، در ساحل چپ واحدهای G1 تا G7 و در ناحیه فومنات F1 تا F5 می‌باشد. از این مساحت در وضع موجود ۱۸۹۸۳۳ هکتار ناخالص تحت کشت برنج است. کشت شالی به‌عنوان یکی از محصولات استراتژیک مهم، پهنه وسیعی از اراضی شبکه سفیدرود را پوشش می‌دهد. به‌طوری‌که در حدود ۹۴ درصد از کل اراضی کشاورزی شبکه به کشت شالی اختصاص دارد (۱۹). رودخانه سفیدرود به عنوان منبع اصلی تأمین آب شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود بوده که آب رها شده از سد سفیدرود توسط سدهای انحرافی و همچنین کانال‌های منشعب از آن‌ها، به نواحی مختلف شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود منتقل می‌شود (۱۸). در این پژوهش، منابع آب شبکه سد سفیدرود، رودخانه‌های محلی، زهکش‌ها، منابع آب زیرزمینی و همچنین آب‌بندان‌های موجود در منطقه به عنوان مخازن تنظیمی (بافر) در نظر گرفته شده است. مصارف آب نیز شامل بخش‌های کشاورزی (در سه ناحیه‌ی مجزای شرق، مرکزی و فومنات) و شرب (در سه ناحیه مجزای شرق، مرکزی و فومنات و در دو بخش شرب شهری و شرب روستایی) و صنعت (در سه ناحیه مجزای شرق، مرکزی و فومنات) می‌باشد، که کشاورزی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین مصرف‌کنندگان آب در این ناحیه می‌باشد.

آماده‌سازی داده‌ها

پیش از پیاده‌سازی رویکرد پیوندی بین منابع آب، انرژی و غذا با استفاده از ابزارهای نام‌برده، به هدف تجزیه و تحلیل‌های سریع‌تر و صحیح‌تر نیاز به آماده‌سازی داده‌هایی با ساختار متناسب با ابزارهای WEAP و LEAP در بخش‌های گوناگون وجود دارد. در این پژوهش، در قسمت تقاضای آب، مصارف کشاورزی، شرب و صنعت و در بخش عرضه‌ی آب منابع رودخانه‌ها، چاه‌های آب، آب‌بندان‌های موجود در منطقه توسط نرم‌افزار WEAP مدل‌سازی شد.



شکل ۱- موقعیت استان گیلان در ایران و نواحی عمرانی F، G و D در استان گیلان و اجزای مورد استفاده در مدیریت پیوندی آب، انرژی و غذا

Figure 1- Location of Guilan province in Iran and development areas F, G and D in Guilan province and components used in water, energy and food nexus management

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین تقاضای انرژی به صورت سرانه مصرف بخش‌های خانگی، عمومی، صنعتی، کشاورزی، سایر مصارف و روشنایی معابر وارد مدل LEAP شده است و منابع انرژی منطقه در دو بخش انرژی‌های تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر وارد مدل شده‌اند. به دلیل گستردگی داده‌ها در مدلسازی بخش کشاورزی در مدل WEAP، اطلاعات کشاورزی منطقه در قالب اطلاعات حوضه آبریز وارد مدل شده است.

داده‌های مربوط به حوضه آبریز

نقاط نیاز کشاورزی به صورت گره‌های نیاز حوضه آبریز در نواحی F، G و D در نظر گرفته شد. در این مطالعه، از اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی برای مشخص کردن سطح زیرکشت برنج در هر ناحیه استفاده شد. مساحت ناحیه عمرانی F، G و D به ترتیب ۸۴۳۱۴، ۱۱۸۲۵۰ و ۸۱۶۱۵ هکتار است. اطلاعات مربوط به مساحت گیاهان کشت شده در منطقه که وارد مدل شده طبق جدول یک می باشد.

با استناد به داده‌های مرکز آمار ایران، جمعیت شهرهای واقع در منطقه مورد مطالعه وارد مدل شد و از آنجایی که توزیع جمعیت در روستاها به صورت یکنواخت در نظر گرفته می‌شود، جمعیت روستاها به صورت نسبت مساحت جغرافیایی واقع در هر ناحیه عمرانی محاسبه شد و وارد مدل گردید. با توجه به آمار جمعیت و نرخ رشد ۱/۲۵ درصدی مستخرج از آمار موجود، جمعیت برای افق ۶۰ ساله توسط مدل توسعه داده شده پیش‌بینی خواهد شد (۲۰).

داده‌های مربوط به مصارف شرب

با توجه به گزارشات آب و فاضلاب استان گیلان، مقدار سرانه مصرف شرب شهری ۷۶/۶۵ متر مکعب به ازای هر نفر در سال و مقدار سرانه مصرف شرب روستایی ۷۳ متر مکعب به ازای هر نفر در سال تعیین شد (۲۱).

داده‌های مربوط به مصارف صنعت

رشد صنایع به تأمین مطمئن و پایدار نیاز آبی آن بستگی دارد، لذا همواره باید به حفظ منابع آب توجه داشت. با توجه به گزارش مطالعات انجام شده، میزان تقاضا برای بخش صنعت به ازای هر نفر ۶/۵ متر مکعب در سال در نظر گرفته شد (۲۱).

جدول ۱- سطح زیرکشت محصولات منتخب در نواحی عمرانی

Table 1- Conservation area of selected products in developmental areas

نام محصول Product's name	سطح زیر کشت در ناحیه عمرانی D* Cultivation area of D		سطح زیر کشت در ناحیه عمرانی G Cultivation area of G		سطح زیر کشت در ناحیه عمرانی F Cultivation area of F	
	هکتار ha	درصد %	هکتار ha	درصد %	هکتار ha	درصد %
برنج Rice	54555	66	78503	66	56775	67
لوبیا کشاورزی Agricultural beans	308.59	0.38	12.30	0.01	654.58	0.78
هندوانه Watermelon	108.94	0.13	0.99	0	235.61	0.28
شبدر Clover	181.52	0.22	22.59	0.02	219.60	0.26
بادام زمینی Groundnut	910.08	1.12	0.02	0	1.95	0
چای Tea	1553.41	1.90	100.48	0.08	841.69	1
سایر** Others**	23997.47	_	39610.62	_	28855.57	_
مساحت کل Total area	81615		118250		84314	

* نسبت‌ها به مساحت کل حوضه است.

* The values are the ratios to the total area of the basin.

** گندم، جو، حبوبات، نباتات علوفه‌ای و سبزی و صیفی

** Wheat, barley, legumes, fodder crops and vegetables

www.SID.ir

Archive of SID

داده‌های مربوط به آب سطحی

با استفاده از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گیلان، مقدار دبی ماهانه برای کل رودخانه‌های جاری در شبکه سفیدرود که نهایتاً به دریا می‌ریزند، با توجه به موقعیت آن‌ها در شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود وارد مدل شد. یکی دیگر از منابع آبی در دسترس که در تأمین آب مورد نیاز مزارع تحت پوشش شبکه سفیدرود به عنوان منبع کمکی تأمین آب مورد استفاده قرار می‌گیرد، ذخایر آب موجود در آب‌بندان‌ها می‌باشد. حجم ذخیره آب‌بندان‌ها در هر کدام از نواحی F، G و D طبق جدول ۲ و با استناد به اطلاعات دفتر بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی در سازمان سهامی آب منطقه‌ای گیلان وارد مدل گردید. لازم به ذکر است که حجم ذخیره با فرض متوسط عمق یک متر لحاظ گردیده است (۲۲).

داده‌های مربوط به آب زیرزمینی

در این پژوهش، برای تعیین حجم اولیه و کلی آب زیرزمینی مقدار آن در هر یک از نواحی عمرانی به صورت یک توده یکپارچه پر از آب در نظر گرفته شد. بنابراین با استفاده از اطلاعات مربوط به دشت‌ها و نواحی مطالعاتی گردآوری شده توسط وزارت نیرو و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ارتفاع متوسط سفره آب زیرزمینی به دست آمد، که نهایتا با در نظر گرفتن مساحت آبخوان هر یک از نواحی عمرانی فومنات، مرکزی و شرق، حجم هر کدام از آن‌ها به عنوان ظرفیت آب زیرزمینی مدل در نظر گرفته شد.

داده‌های مربوط به تقاضای انرژی در منطقه

با توجه به اطلاعات استخراج شده از نشریه آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه توزیع برق، به مشترکین بخش‌های خانگی، عمومی، کشاورزی، صنعتی، سایر مصارف و روشنایی معابر تقسیم‌بندی شد و وارد مدل گردید (۲۳).

داده‌های انرژی تجدیدپذیر

این منطقه از پتانسیل بالایی برای تولید انرژی‌های تجدیدپذیر برخوردار است (۲۴). از نمونه این منابع انرژی، الکتریسیته تولید شده توسط سد سفیدرود و نیروگاه بادی در شهر منجیل برخوردار است. طبق جدول سه که توسط شرکت مادر تخصصی توانیر تهیه شده است، اطلاعاتی در خصوص نیروگاهای تجدیدپذیر منطقه وارد مدل گردیده است (۲۳).

داده‌های انرژی غیرتجدیرپذیر

استان گیلان دارای دو نیروگاه سیکل ترکیبی در شهر رشت و پره‌سر است.

جدول ۲- تعداد و مساحت آب‌بندان‌ها در نواحی عمرانی

Table 2- Number and area of the reservoirs in the developmental areas

واحد عمرانی Command area	تعداد پهنه آب‌بندان Number of pond	مساحت آب‌بندان‌ها Pond area	حجم ذخیره (میلیون متر مکعب) Storage volume (MCM)
F	399	1167.11	11.67
G	116	1531.29	15.31
D	110	3949.33	39.49

جدول ۳- مشخصات نیروگاه‌های انرژی تجدیدپذیر استان گیلان

Table 3- Specifications of renewable energy plants in Guilan province

نام نیروگاه Name of power plant	تعداد واحد Number of units	قدرت اسمی Nominal power	میانگین قدرت عملی Average practical power	تولید ناخالص Gross production	مصرف داخلی فنی Technical consumption	ساعت کارکرد Plant operation hours
		مگاوات Mw	مگاوات Mw	هزارکیلووات ساعت 1000 Kwh		ساعت hr
سد سفیدرود Sefid-rud Dam	5	88	88	124895	624	1622
بادی منجیل Wind power plant of Manjil	1	92	92	115526	0	_

www.SID.ir

Archive of SID

نیروگاه سیکل ترکیبی رشت با شش واحد گازی و سه واحد بخاری فعالیت می‌کند و نیروگاه سیکل ترکیبی پره‌سر متشکل از دو واحد گازی و یک واحد بخاری است. یک نیروگاه از نوع حرارتی با دو واحد گازی و دو واحد بخاری در شهر لوشان فعالیت می‌کند. آب مصرفی نیروگاه سیکل ترکیبی رشت توسط چاه فلمن از بستر رودخانه سفیدرود تأمین می‌شود، آب مصرفی نیروگاه پره‌سر نیز از طریق آب شور دریا و آب زیرزمینی عمیق تأمین می‌شود که استفاده از آب دریا اثرات آلودگی زیادی برجا می‌گذارد. نیروگاه حرارتی لوشان نیز از آب رودخانه شاهرود در بالادست سد سفیدرود استفاده می‌کند.

نتایج

نتایج مدل ترکیبی WEAP و LEAP به صورت کلی شامل هفت قسمت کلی نیاز خالص، نقطه نیاز به منبع آبی، آب عرضه شده، تقاضای برطرف نشده، درصد تأمین مصارف، حجم مخازن و تبخیر–تعرق واقعی است. نیاز خالص، نیاز هر گره بدون در نظر گرفتن آب از دست‌رفته، استفاده مجدد و برگشت آب است. نقطه نیاز به منبع آبی به معنای نیاز آب خالص هر گره با در نظر گرفتن آب از دست‌رفته، استفاده مجدد و برگشت آب است. آب عرضه شده نیز به معنای مقدار آبی است که از منبع آبی به هر گره تخصیص داده شده است که ممکن است تمام نیاز گره را تأمین نکند. تقاضای برطرف نشده نیاز از اختلاف مقدار «نقطه نیاز به منبع آبی» و «آب عرضه شده» حاصل می‌شود، همچنین به نسبت مقدار «تقاضای تامین شده» را به مقدار «نقطه نیاز به منبع آبی» درصد تأمین مصارف حاصل می‌شود. در نهایت نیز اثر مدیریت پیوندی بر حجم مخازن و مقدار واقعی تبخیر–تعرق در محدوده مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفته است.

نیاز خالص آب

شکل ۲، نیاز خالص متوسط ماهانه محدوده مطالعاتی را به تفکیک نقاط نیاز نشان می‌دهد. با شروع فصل کشت در ماه‌های آپریل تا سپتامبر نیاز خالص آبیاری به سبب افزایش نیاز آبی محصولات افزایش یافته است. این نیاز در ماه جون با افزایش دما و به دنبال آن افزایش تبخیر–تعرق به حداکثر می‌رسد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود بیشترین تغییرات نیاز خالص آبی مربوط به کشاورزی است و دیگر نقاط نیاز با توجه به ماهیت آن‌ها تغییرات قابل‌توجهی در طول سال ندارند. همچنین شکل ۳ نشان دهنده تفاوت نیاز خالص متوسط ماهانه تحت دو سناریوی در نظر گرفتن رویکرد پیوندی و بدون رویکرد پیوندی در محدوده مطالعاتی است. علاوه بر این، در جدول پنج تفاوت نیاز خالص سالانه محدوده مطالعاتی در دو سناریو برای پنج سال آورده شده است. تفاوت نیاز خالص آب تحت دو سناریو با توجه به مصرف آب غیر قابل انکار بخش انرژی در مدیریت یکپارچه منابع آب قابل توجیه است.

جدول ٤- مشخصات نیروگاه‌های انرژی غیرتجدیدپذیر در استان گیلان

Table 4- Specifications of non-renewable energy plants in Guilan province

نام نیروگاه Name of power plant	تعداد واحد Number of units	قدرت اسمی (مگاوات) Nominal power (Mw)	میانگین قدرت عملی (مگاوات) Average practical power (Mw)	تولید ناخالص (هزار کیلووات ساعت) Gross production (1000 Kwh)	مصرف داخلی فنی (هزار کیلووات ساعت) Technical consumption (1000Kwh)	سوخت مصرفی Fuel consumption			ساعت کارکرد Plant operation hours	بازده حرارتی (کیلووات ساعت) Thermal efficiency (Kwh)	راندمان (درصد) Efficiency (%)
						گازوئیل (هزار لیتر) Gasoline (1000Lit)	گاز (هزارمترمکعب) Gas (1000 Lit)	نفت کوره (هزار لیتر) Fuel oil (1000 Lit)			
سیکل ترکیبی گیلان Combined cycle of Guilan	9	1306	1186	80680910	181385	304580	1496324	0	8035	1832	46.90
سیکل ترکیبی پره سر Combined cycle of Parehsar	3	968	902	5330560	106611	235646	955551	0	_	1836	46.80
شهید بهشتی لوشان Shahid Beheshti of Loshan	4	360	336	1484634	86809	36553	437516	0	_	2956	29.85

www.SID.ir

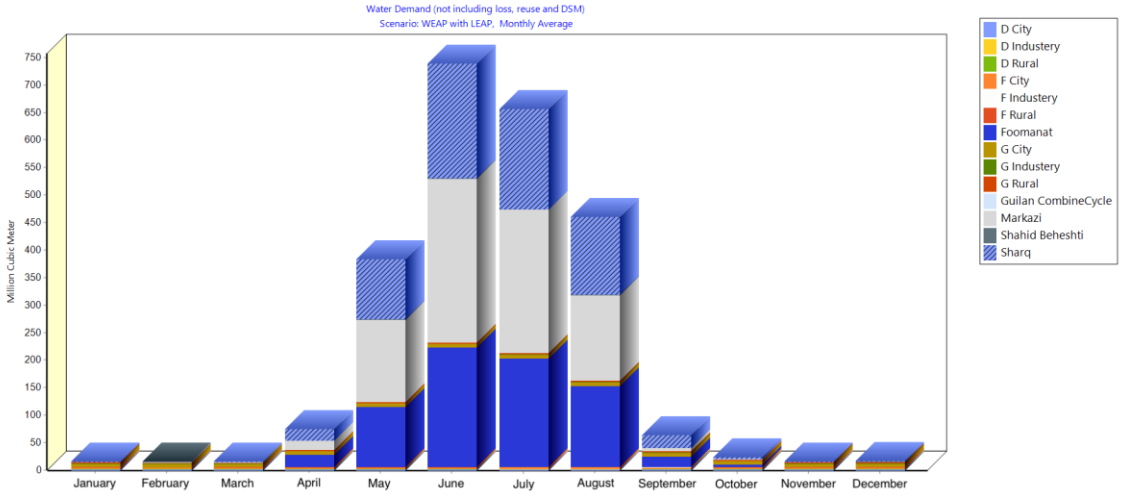
Archive of SID

شکل ۳ نیز میزان تغییرات نیاز خالص آب سالانه به متر مکعب در محدوده مطالعاتی نسبت به سناریو بدون در نظر گرفتن رویکرد پیوندی را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن رویکرد پیوندی در مدیریت یکپارچه منابع آب، نیاز خالص به آب در همه ماه‌های سال افزایش داشته و تغییرات این افزایش نیز در شکل ۳ آورده شده است.

جدول ۵، مقادیر نیاز خالص آب به میلیون متر مکعب در سال را برای همه گره‌های نیاز در طولانی مدت (تا سال ۲۰۲۰) را نشان می‌هد. همانطور که نتایج این مدل ترکیبی نشان می‌دهد، اختلاف زیادی در دو مدیریت منابع آب با رویکرد پیوندی و غیر پیوندی وجود دارد.

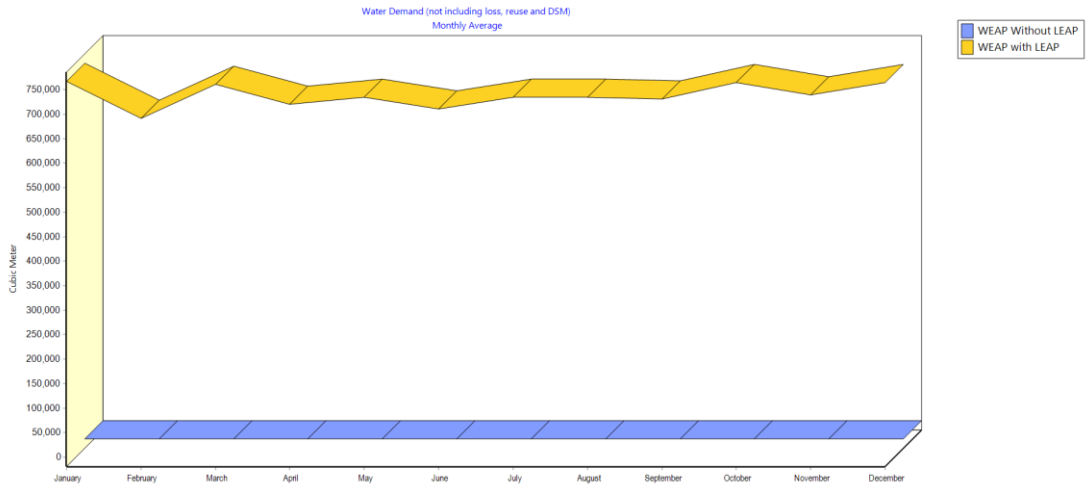
نقطه نیاز به منبع آبی

در شکل ۴ نیاز آبی منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن تلفات و استفاده مجدد در دو حالت بدون در نظر گرفتن رویکرد پیوندی و با در نظر گرفتن آن به صورت متوسط ماهانه درازمدت (۶۲ سال؛ ۲۰۱۴-۲۰۷۵) آورده شده است. لازم به ذکر است که این مقادیر مجموع تقاضاها به منابع آبی را نشان می‌دهد و الزاماً تمام مقادیر نیاز برآورد شده توسط نرم‌افزار، تامین نمی‌شوند و میزان برآورده شدن هر کدام از نیازها به مقدار منابع موجود منطقه بستگی دارد، در حقیقت با توجه به مقدار منابع موجود در منطقه کمبود مصارف مشخص خواهد شد.



شکل ۲- متوسط ماهانه درازمدت نیاز خالص آب (میلیون متر مکعب) همه گره‌های نیاز تحت سناریو مرجع (بدون در نظر گرفتن دیدگاه پیوندی)

Figure 2- Long-term average monthly net water requirement (million cubic meters) All required nodes under the reference scenario (regardless of nexus perspective)



شکل ۳- تفاوت نیاز خالص آب با در نظر گرفتن رویکرد پیوندی و بدون در نظر گرفتن رویکرد پیوندی (متر مکعب)

Figure 3- Difference of net water requirement by considering the linkage approach, regardless of the linkage approach (cubic meter)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- نیاز خالص سالانه (میلیون متر مکعب) همه گره‌های نیاز در محدوده مطالعاتی تا ۲۰۲۰

Table 5- Annual net water requirement (MCM) all demand nodes in the study range up to 2020

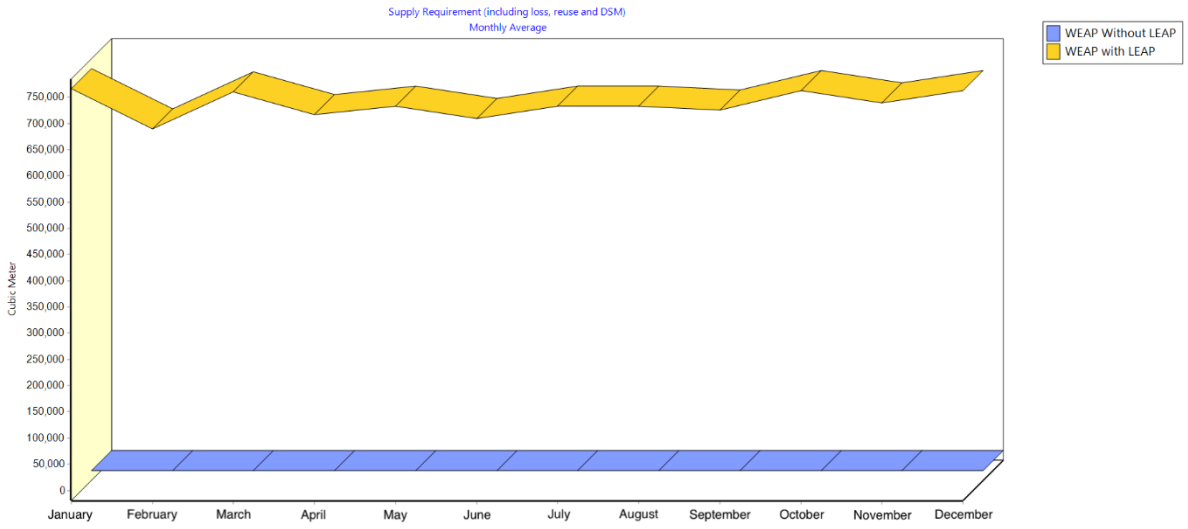
	2016	2017	2018	2019	2020
بدون رویکرد پیوندی Without Nexus approach	2113.026	1819.634	2136.954	2050.667	2275.556
با رویکرد پیوندی With Nexus approach	2121.670	1828.291	2145.952	2059.421	2284.292

در جدول ۶ مقدار آب تحویلی به شبکه و مقدار نیاز شبکه به منبع آبی تحت دو سناریو آورده شده است. طبق نتایج، همه ساله به طور متوسط مقدار نیازهای آبی برآورد شده در شبکه ۱۳۳ میلیون متر مکعب بیشتر از توان برآورده شدن نیازهای آبی در منطقه است. این تفاوت گویای کمبود سالانه آب در مصارف گوناگون شبکه است.

آب عرضه شده

در شکل ۵ مقدار متوسط ماهانه درازمدت آب تحویلی به شبکه، با لحاظ کردن مقدار تلفات و استفاده مجدد، در مقایسه با حالت اول مدل‌سازی، یعنی بدون در نظر گرفتن نیازهای نیروگاه حرارتی شهید بهشتی لوشان و سیکل ترکیبی رشت که مشترکا از منابع آبی شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود استفاده می‌کنند، قابل ملاحظه است.

همچنین نتایج بیان شده در جدول ۷، تفاوت مقدار آب عرضه شده سالانه به شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود را تحت دو سناریو و برای پنج سال بیان می‌کند.



شکل ٤- تفاوت نیاز به منابع آبی شبکه درمقایسه با حالت در نظر نگرفتن بخش انرژی

Figure 4- The difference between the water requirement of the network and the non-energy sector

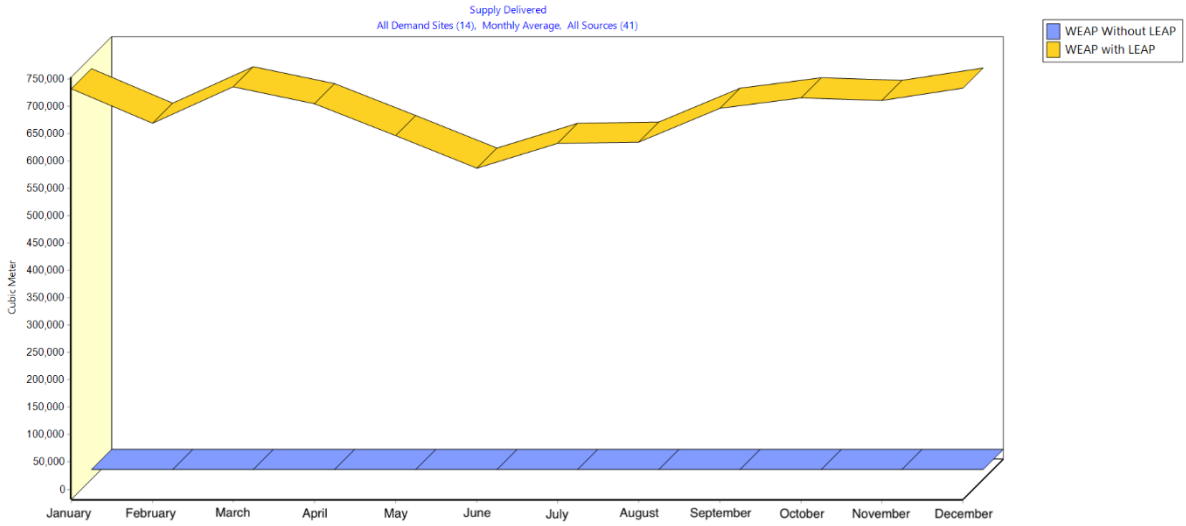
جدول ٦- مقادیر آب تحویلی و نیاز شبکه به صورت متوسط دراز مدت ۲۰۷۵-۲۰۱٤ (مقادیر به میلیون متر مکعب)

Table 6- The values of delivered water and the requirement of network for medium-long term 2014-2014 (MCM)

کل آب تحویلی به شبکه Total water delivered to the network	بدون رویکرد پیوندی Without Nexus approach	1603.188
	با رویکرد پیوندی With Nexus approach	1611.700
مقدار نیاز شبکه به منبع آبی Water demand	بدون رویکرد پیوندی Without Nexus approach	1736.206
	با رویکرد پیوندی With Nexus approach	1744.718

www.SID.ir

Archive of SID



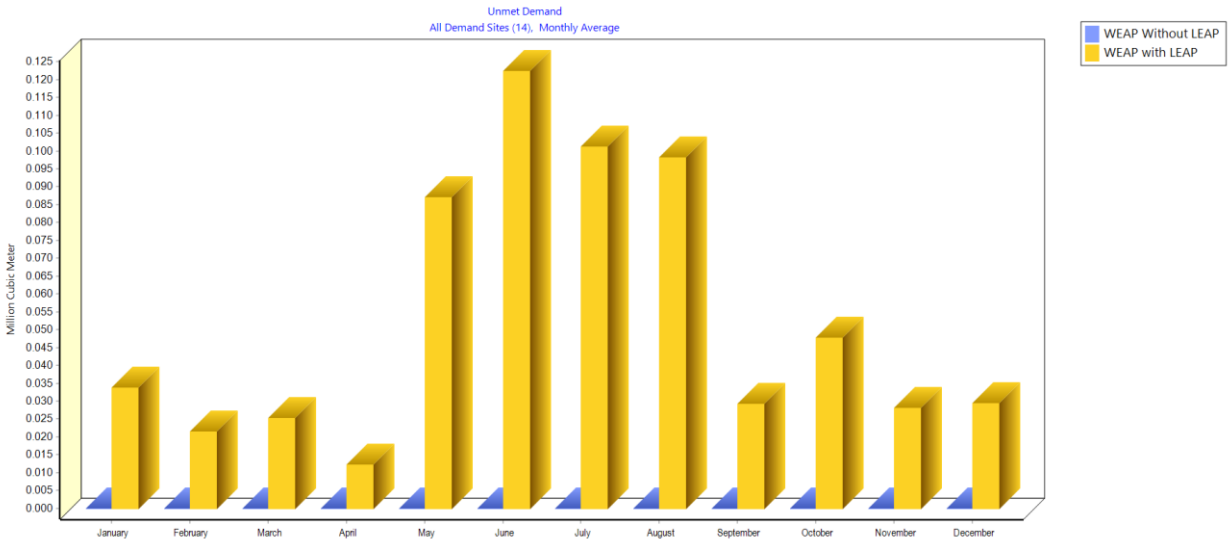
شکل ۵- تفاوت آب عرضه شده درمقایسه با حالت در نظر نگرفتن بخش انرژی

Figure 5- Difference of supplied water compared to non-consideration of the energy sector

جدول ۷- مقدار آب عرضه شده سالانه (میلیون متر مکعب)

Table 7- Annual Water Supply (MCM)

	2016	2017	2018	2019	2020
بدون رویکرد پیوندی Without Nexus approach	1349.7	1225.8	1275.1	1218.6	1399.6
با رویکرد پیوندی With Nexus approach	1358.4	1234.5	1283.7	1222.4	1407.5



شکل ٦- تفاوت نیاز برطرف نشده در مقایسه با حالت در نظر نگرفتن بخش انرژی

Figure 6- The difference of unmet demand compared to non-energy sector

تقاضای بر طرف نشده

شکل ۶ نشان‌دهنده تفاوت در متوسط ماهانه دراز مدت نیازهای برطرف نشده منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن رویکرد پیوندی و بدون آن است. همانطور که مشاهده می‌شود زمانی که رویکرد

www.SID.ir

Archive of SID

پیوندی و یا به‌عبارتی بخش انرژی در ارتباطات مابین منابع در نظر گرفته می‌شود، کمبود آب بیشتری وجود دارد. کمبود آب در ماه‌های کشت برنج به اوج خود می‌رسد. از آنجایی که بیشترین مصرف کننده آب در این منطقه کشاورزی است.

در جدول ۸ مقدار کمبود آب در بخش کشاورزی نواحی فومنات، مرکزی و شرق با در نظر گرفتن رویکرد پیوندی و بدون آن و به صورت میانگین ماهانه دراز مدت برای هر یک از نواحی آورده شده است. قابل مشاهده است که کمبود آب بیشتری در حالت در نظر گرفتن انرژی وجود دارد و ناحیه مرکزی به‌عنوان بزرگ‌ترین و طویل‌ترین ناحیه عمرانی، بیشترین کمبود را در مقایسه با سایر نواحی داراست.

جدول ۸- مقدار کمبود آب به صورت میانگین ماهانه دراز مدت در مقایسه با حالت در نظر گرفتن بخش انرژی (مقادیر برحسب میلیون متر مکعب)

Table 8- Water shortage amount in the form of a long-term monthly average compared to energy sector consideration (MCM)

	کشاورزی Agriculture		
مصرف کننده Consumer	فومنات Foumanat	مرکزی Central	شرق East
بدون رویکرد پیوندی Without Nexus approach	55.798	136.176	117.571
با رویکرد پیوندی With Nexus approach	55.811	136.431	117.680

حجم مخازن

جدول ۹ نشان‌دهنده مقادیر میانگین ماهانه طولانی مدت حجم آب ذخیره شده در مخزن سد سفید رود است. قابل ملاحظه است با در نظر گرفتن بخش انرژی در مدل‌سازی، آب کمتری در سد مخزنی وجود خواهد داشت و بخشی از آب به مصرف نیروگاه شهید بهشتی لوشان برای خنک‌سازی و سایر مصارف می‌رسد. تغییرات ماهانه آب حجم آب پشت سد نشان دهنده‌ی تفاوت در آورد ورودی به سد در ماه‌های سال است.

تبخیر و تعرق واقعی و آبیاری

شکل ۷ نشان‌دهنده تفاوت تبخیر و تعرق تحت دو سناریوی در نظر گرفتن رویکرد پیوندی و بدون آن است. با توجه به اینکه این تفاوت در فصل‌های کشاورزی افزایش می‌یابد می‌توان چنین استناد کرد که در حالت بدون رویکرد پیوندی به دلیل اینکه آب بیشتری در دسترس اراضی کشاورزی قرار می‌گیرد، تبخیر و تعرق بیشتری نیز صورت می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

به منظور بررسی اثر رویکرد پیوندی آب، انرژی و غذا، شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود واقع در استان گیلان در دو نرم‌افزار WEAP و LEAP تا افق ۲۰۷۵ مدل شدند. از این رو داده‌های اقلیمی، اطلاعات گره‌های نیاز و منابع آب در مدل WEAP و اطلاعات مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر و غیر تجدیدپذیر در مدل LEAP وارد شدند. مدل پیوندی شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود با هدف بررسی اثر رویکرد پیوندی واسنجی گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که با در نظر گرفتن این رویکرد در مدیریت منابع آب تفاوت معناداری در تخصیص و تأمین منابع وجود خواهد داشت که در مدیریت غیر پیوندی رایج (آب و غذا) این تفاوت‌ها دیده نشده است.

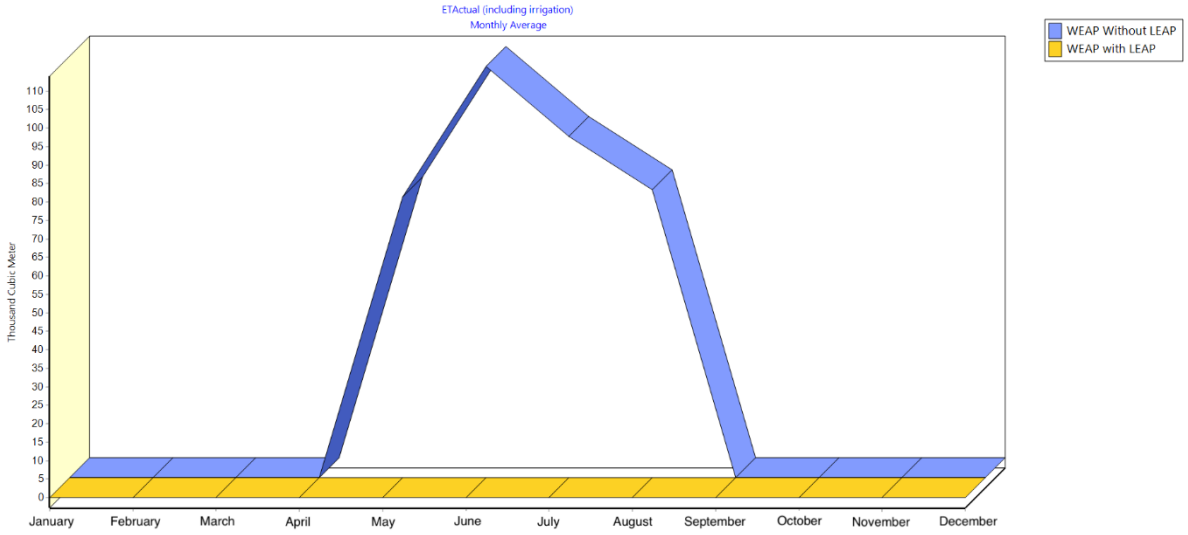
جدول ۹- تغیرات ماهانه حجم آب ذخیره شده در مخزن سد سفیدرود به صورت میانگین دراز مدت (میلیون متر مکعب)

Table 9- Monthly changes in the storage volume of the Sefidrud Dam as a long-term average (MCM)

سناریو Scnario	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
بدون رویکرد پیوندی Without Nexus approach	1161.1	1152.5	1149.9	1122.2	1141.8	1163.5	1225.9	1286.5	1294.2	1272.7	1164.5	1169
با رویکرد پیوندی With Nexus approach	1159.7	1151	1145.4	1120.6	1140.2	1161.9	1225	1285.7	1293.5	1272.2	1163.5	1167.7

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- تفاوت مقادیر تبخیر و تعرق در دو رویکرد پیوندی (در نظر گرفتن انرژی) و بدون رویکرد پیوندی (بدون در نظر گرفتن انرژی)

Figure 7- Difference between evapotranspiration values in both Nexus (energy considerations) and without Nexus (without energy)

این نتیجه بیانگر این واقعیت است که بخش قابل توجهی از نیازها و مصارف در مدیریت رایج منابع آب (دیدگاه غیرپیوندی) در نظر گرفته نمی‌شود، این در حالی است که هر چه مقادیر عرضه و تقاضا به واقعیت نزدیکتر باشد، برنامه‌های مدیریتی منابع آب منطقی‌تر و درصد اجرای آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. در منطقه مورد مطالعه این پژوهش، یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار در تفاوت مدیریت پیوندی و غیرپیوندی وجود سد سفیدرود است که علاوه بر هدف تأمین آب کشاورزی پایین‌دست، دارای هدف تولید انرژی برقابی نیز می‌باشد. در راستای تامین هدف برقابی، حجمی از آب ذخیره‌شده سد برای تولید انرژی موردنیاز منطقه رهاسازی می‌شود. در حالی‌که حجم ذخیره سد مخزنی در ماه‌های خشک توانایی تأمین نیاز کشاورزی اراضی زیرکشت پایین‌دست سد را ندارد و کشاورزان برای تأمین آب موردنیاز اراضی خود به برداشت منابع آب زیرزمینی روی خواهند آورد که برداشت از این منابع نیز مستلزم مصرف انرژی است. از طرف دیگر در صورت نگهداری آب و رهاسازی کمتر آب و به تبع آن تولید کمتر انرژی الکتریسیته، نیاز تأمین انرژی بر عهده نیروگاه‌های غیرتجدیدپذیر خواهد بود که خود به نوعی مصرف‌کننده آب به منظور تولید انرژی هستند. از این رو بررسی مدیریت پیوندی امری مفید و در مواردی نیز غیرقابل اجتناب است.

در نهایت برای تعیین بهترین رویکرد مدیریتی و ارائه آن به برنامه‌ریزان منابع آب منطقه پیشنهاد می‌شود که با توجه به مدل منابع و مصارف تهیه شده با رویکرد پیوندی آب، غذا و انرژی، سناریوهای مدیریتی مختلفی در راستای اهداف سد تعریف و مورد بررسی قرار گیرد. در تعریف این سناریوها بهتر است علاوه بر برنامه ریزی آبیاری اراضی کشاورزی شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود، ظرفیت رودخانه‌ها و سدهای تنظیمی و انحرافی پایین‌دست سد مخزنی سفیدرود نیز تعیین شود.

منابع

1- The World Bank IEG. 2010. The Global Water Partnership 4(3).
2- Pourmohamad Y., Alizadeh A., Mousavi Baygi M., Gebremichael M., Ziaei A.N., and Bannayan M. 2019. Optimizing cropping area by proposing a combined water-energy productivity function for Neyshabur Basin, Iran. Agricultural Water Management 217: 131–140.
3- Hettiarachchi H., and Ardakanian R. 2016. Environmental Resource Management and the Nexus Approach: Managing Water, Soil, and Waste in the Context of Global Change. Dresden ,Germany.
4- Kaddoura S., and El Khatib S. 2017. Review of water-energy-food Nexus tools to improve the Nexus modelling approach for integrated policy making. Environmental Science & Policy 77: 114–121.
5- Mahdavi Moghadam M. 2016. Investigation of Water, Energy and Food Nexus in Integrated. K. N. Toosi University of Technology. (In Persian with English abstract)
6- Zhang X., and Vesselinov V.V. 2016. Energy-water nexus: Balancing the tradeoffs between two-level decision makers. Applied Energy 183: 77–87.

www.SID.ir

Archive of SID

7- Font Vivanco D., Wang R., and Hertwich E. 2018. Nexus strength: A novel metric for assessing the global resource nexus. Journal of Industrial Ecology 22(6): 1473–1486.
8- Karatayev M., Rivotti P., Mourão Z.S., Konadu D.D., Shah N., and Clarke M. 2017. The water-energy-food nexus in Kazakhstan: challenges and opportunities. Energy Procedia 125: 63–70.
9- Oki T., and Kanae S. 2006. Global hydrological cycles and world water resources. Science 313 (5790): 1068–1072.
10- Karlberg L., Hoff H., Amsalu T., Andersson K., Binnington T., Flores-López F., Bruin A., Gebrehiwot S. G., Gedif B., Heide F., Johnson O., Osbeck M., and Young C. 2015. Tackling complexity: Understanding the food-energy-environment nexus in Ethiopia's Lake Tana Sub-basin. Water Alternatives 8(1): 710–734.
11- Pan B., Sun L., Lu H., Wang W., and Gu A. 2017. Renewable and Sustainable Energy Reviews 93: 27–34.
12- Assaf H., and saadeh M. 2008. Environmental Modelling, Software and Decision Support. Developments in Integrated Environmental Assessment 3: 229–246.
13- Stockholm Environment Institute, *WEAP- TUTORIAL* Water Evaluation And Planning System, no. August. 2016.
14- Sieber J., and Purkey D. 2007. User guide for WEAP21. Stockholm Environment Institute.
15- Heaps C.G. 2012. Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) system. [Software version 2012.0016] Stockholm Environment Institute, Somerville, MA, USA.
16- Salahi-Moghaddam A., Habibi-Nokhandam M., and Fuentes M.V. 2011. Low-altitude outbreaks of human fascioliasis related with summer rainfall in Gilan province, Iran. Geospatial Health 133–136.
17- Mardani Z., Ghorashi M., Arian M., and Khosrotehrani K.H. 2011. Geomorphic Signatures of Active Tectonics in the Talaghan Rud, Shah Rud and Sefidrud Drainage Basins in Central Alborz, N Iran.
18- Hajiabadi R., and Zarghami M. 2014. Multi-objective reservoir operation with sediment flushing; case study of Sefidrud reservoir. Water Resources Management 28(15): 5357–5376.
19- Hadizadeh F., Allahyari M.S., Damalas C.A., and Yazdani M.R. 2018. Integrated management of agricultural water resources among paddy farmers in northern Iran. Agricultural Water Management 200:19–26.
20- The Statistical Centre of Iran. 2016. [Online]. Available: https://www.amar.org.ir/. [Accessed: 05-Jan-2019].
21- Sayyidrud Consulting Engineers Company Guilan, Determine per capita water consumption, Rasht, 1392.
22- Office of operation and maintenance of irrigation and drainage networks, Water Resources in Sefidrud Irrigation and Drainage Network, Gilan Regional Water Authority, Rasht, 2017.
23- Research and Human Resources Department. 2013. Detailed statistics of Iran's power industry, Tavanir Organization, Tehran, p. 156.
24- Zafarnejad F. 2009. The contribution of dams to Iran's desertification. International Journal of Environmental Studies 66(3): 327–341.

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 1, March-April 2020, p. 11-25

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۲۵-۱۱

Water, Energy, Food Nexus Approach Impact on Integrated Water Resources Management in Sefid-Rud Irrigation and Drainage Network

Z. Eslami[1]- S. Janatrostami[2*]- A. Ashrafzadeh[3]- Y. Pourmohamad[4]

Received: 24-07-2019
Accepted: 20-01-2020

Introduction: Implementing Integrated Water Resources Management requires balancing conflicting goals, and the effects on developing countries, which have a poor institutional capacity for change, and suggests a slower pace of integrated water resources management. The growing population of the world, especially in developing countries on one hand, and the need to provide food for this population, on the other hand, have not been the result of overreaching of resources. In this manner, the continuation of an untapped harvest of resources will endanger the sustainability of the region in the near future. Food production is largely depending on the water so that 70 to 80 percent of the water extracted from resources is consumed for irrigation, which is the reason why irrigated cultivation is regarded as inefficient consumers. Understanding how to extract, manage and consume water is the key to solve this problem. On the other hand, the health and safety of communities and agricultural production require energy. Principally in irrigation, it is not possible to extract water without consuming energy. Seeking to establish the goals of the third millennium of the United Nations, researchers have presented a variety of interdisciplinary approaches to achieve a dynamic balance in the food production and consumption of resources, most notably the approach of Water, Energy and Food (WEF) Nexus. Considering the limitation of the resources which is increasing day by day. This approach causes productivity increase by integrating water, energy and food cycles. Managing water, energy and food, despite the inherent systemic differences, are very similar, due to the close relationship between the system perspective and their interaction with each other, a new concept is now called a Nexus approach. This viewpoint describes the interconnected nature and the interplay of the three sectors.

Materials and Methods: This research was carried out in Sefid-Rud dam Irrigation and Drainage Network. Sefid-Rud basin is located in the Guilan province, which is benefits from high precipitation, but factors such as dams construction in the upper reaches of the Sefid-Rud dam, the timely inconvenient precipitation and the lack of infrastructure to harvest the runoff, causes water shortages in the area. It is worth mentioning that 50% of the Guilan households have engaged in rice cultivation and more than 70% of the lands are located in the irrigation and drainage network of the Sefid-Rud dam. Hence, reducing rice cultivation in this region will have a great impact on economic and social life. Managing a Nexus approach to provide WEF security requires integrated and analytical approaches that can identify cross-sectoral exchanges, cost-effective planning, policy, and strategy management. Therefore, in this study, WEAP and LEAP software were used for managing water and food resources and managing the energy sector in Sefid-Rud irrigation and drainage network, respectively. Then, the integrated water resources management in the area was addressed by establishing a linkage between these two applications. In the first part of this study, the parameters output such as net water demand, water resources share for each demand node, unmet demand and the coverage regardless of the energy sector were compared.

Results and Discussion: The results reveal that the annual water requirement of the Sefid-Rud irrigation and drainage network in 2016 with the NEXUS approach estimated about 8 million cubic meters more than the non-NEXUS approach. Agriculture is the most water-consuming node in the region and there are lots of dependencies on rice cultivation as the most water-consuming crop in the Guilan region. The next step aims to balance the supply and demand, the unmet demand at the agricultural section in the Foomanat, Central and East areas under various management scenarios. These scenarios are including dredging, increase the efficiency of transmission and distribution channels of irrigation and drainage networks, and eliminating unauthorized wells were evaluated.

1, 2 and 3- M.Sc. Graduated in Water Resources Engineering, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Agricultural Sciences, University of Guilan, respectively.
(*- Corresponding Author Email: janatrostami@guilan.ac.ir)
4- Ph.D. Graduated in Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering and Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
DOI: 10.22067/jsw.v34i1.81897

www.SID.ir

Archive of SID

Conclusion: By examining the results of the applied management scenarios mentioned above, the 30% increase in the efficiency of transmission and distribution channels of irrigation and drainage networks in Sefid-Rud has the greatest impact on meeting the demand and reducing the unmet demands of triple areas. As a result of the 30% efficiency improvement scenario, decrease the agricultural demands of the Foomanat area, the central area, and the east (about 29.1, 84.5 and 62.1 million cubic meters, respectively) more than the reference scenario.

Keywords: Guilan province, Integrated Management, Nexus Approach, LEAP, WEAP

www.SID.ir