مدل‌سازی و ارزیابی مدیریت بهینه مصرف آب در بخش کشاورزی با استفاده از نرم افزار WEAP

(مطالعه موردی ولسوالی انجیل ولایت هرات)

الف‌شاه احسان[1]

چکیده

با توجه به کمبود و محدودیت منابع آبی، استفاده کار آمد از آنها ضروری به نظر می رسد. برای دست‌یابی به مدیریت بهینه شناخت وضعیت این منابع و برنامه‌ریزی به اساس تغیرات آن‌ها لازم می‌باشد. محدوده مطالعاتی ولسوالی انجیل در ولایت هرات با داشتن منابع آب سطحی همچون رودخانه هریرود، به دلیل سو مدیریت و عدم مدیریت بهینه منابع و مصارف آب با کمبود منابع آب در بخش‌های مختلف بخصوص مصارف کشاورزی مواجه است. از این رو در این پژوهش سعی گردید با مدل‌سازی محدوده و اجرای سناریوهای متفاوت راهکارهایی در جهت مدیریت بهینه منابع و مصارف این حوضه آبریز ارائه گردد. هدف از این پژوهش آن است که با بررسی و مدل‌سازی شرایط موجود محدوده مطالعاتی ولسوالی انجیل با استفاده از نرم‌افزار (WEAP) و همچنین اجرای سناریوهای مختلفی همچون سناریو افزایش ۱۵ درصدی راندمان کشاورزی (S1)، تغییر الگوی کشت منطقه مورد مطالعه (S2)، ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب سطحی و تامین نیازها (S3) و بررسی توام اثر تغییر اقلیم و تغییر الگوی کشت در منطقه مورد مطالعه (S4) در شرایط فعلی و آینده (سال ۲۰۳۰) به بررسی تأمین و یا عدم تأمین مصارف محدوده بپردازد. برای رسیدن به این هدف در این پژوهش در گام اول به بررسی مدل‌های اقلیمی متفاوت پرداخته شد. از بین مدل‌های مورد بررسی (GFDL- ESM2M، IPSL-CM5A-LR و CSIRO-MK3.6) مدل اقلیمی CSIRO-MK3.6 به عنوان مدل منتخب این پژوهش برای شبیه‌سازی پارامترهای دمای حداکثر و حداقل و پارامتر بارش طی دوره آماری ۲۰۲۱-۲۰۳۰ انتخاب گردید. با پیش‌بینی دما و بارش برای دوره آتی، به کمک مدل بارش رواناب IHACRES رواناب دوره آتی شبیه‌سازی گردید. خروجی مدل IHACRES به عنوان دبی رودخانه هریرود طی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۳۰ وارد مدل برنامه‌ریزی و مدیریت جامع منابع آب (WEAP) گردید. نتایج شبیه‌سازی پارامترهای بارش و دمای حداقل و حداکثر برای دوره آتی مشخص کرد که میانگین ماهانه دما به نسبت دوره پایه (۱۹۸۶-۲۰۰۵) افزایشی می‌باشد (داده‌های تاریخی مدل‌های اقلیمی تا سال

[1] ماستر آب و سازه های هیدرولیکی

۲۰۰۵ موجود می‌باشند) و پارامتر بارش نیز از روند خاصی پیروی نکرده و در بعضی ماه‌ها افزایش و در برخی موارد نیز کاهش می‌یابد. پیش‌بینی رواناب نیز نشان داد که الگوی خاصی برای ماه‌های مختلف وجود ندارد ولی در مجموع مقدار رواناب برای دوره آتی کاهش می-یابد. نتایج اجرای سناریوهای S1، S2، S3 و S4 در مدل WEAP نشان داد که افزایش راندمان کشاورزی می‌تواند اثرگذار باشد اما نیاز به یک مدیریت جامع و بهینه در منابع و مصارف این محدوده می‌باشد. سناریوی S2 نشان داد می‌توان با تغییر الگوی کشت حاضر به الگوی کشت بهینه پیشنهاد شده که همراه با افزایش راندمان نیز می‌باشد، نیازهای محدوده ولسوالی انجیل را تا حد زیادی تامین کرد. همچنین نتایج اجرای سناریوهای S3 و S4 نشان داد که بحث تغییر اقلیم در آینده می‌تواند بر روی تامین مصارف شرب و کشاورزی این محدوده اثر منفی داشته باشد.

واژگان کلیدی: مدل WEAP، تغییر اقلیم، هریرود، افغانستان، مدیریت منابع آب

مقدمه

با توجه به رشد سریع جمعیت و متناسب با افزایش نیازهای جامعه به محصولات زراعتی و صنعتی، محدودیت منابع آب با کیفیت، استفاده نادرست از آب‌های سطحی، کمبود بارندگی ناشی از موقعیت جغرافیایی کشورما افغانستان و مخصوصا حوضه غرب این کشور، مدیریت بهره‌برداری و حفاظت از آب‌های سطحی باید به عنوان یک ضرورت و اصل در برنامه‌ریزی و مدیریت آب‌های سطحی قرارگیرد. از سوی دیگر منابع آب‌های سطحی به دلیلی آلودگی‌ها و تغییرات آب و هوایی در حال کاهش است. اگر در حوضه مدیریت بهینه مصرف آن توجه بیشتری صورت نگیرد یقینا نسبت به نیازی که به آب موجود است با کاهش تامین مصارف روبه رو خواهیم شد و توجه بیشتری بسوی آب‌های زیرزمینی سوق خواهد یافت. در قرن حاضر مطالعات زیادی در مورد روابط آب، خاک و گیاه صورت پذیرفته است. این روابط، که معمولا تحت عنوان مدیریت آبیاری شناخته شده شامل عملیات آبیاری در مزارع وسیع و کوچک می‌باشد. آبیاری نامناسب ممکن است باعث مصارف اضافی آب شود، مواد غذایی خاک شسته شود و حاصلخیزی خاک را خراب کند. یا اگر آب به اندازه کافی داده نشود کاهش محصولات را در پی داشته باشد. امروزه در حدود ۱۷% یا ۲۵۰ میلیون هکتار از اراضی زراعتی جهان آبیاری می‌شوند. توسعه پروژه‌های جدید آبیاری طی دو دهه گذشته بطور قابل ملاحظه ای کاهش یافته است. آبیاری امکان می‌دهد تا محصولات متنوع تولید و همچنان استفاده بهتر از خاک‌های مختلف را میسر ساخت و از این رو نیاز مصرف کننده‌گان را برآورده ساخت. احتیاجات آب بخصوص درماه‌های گرم و در دوره رشد غله‌جات ضروری پنداشته می‌شود و در این دوره به عنوان یک عامل محدود کننده محصول به شمار می‌رود. مدیریت آب‌های سطحی و استفاده درست از آنها در دوران رشد

نبات عامل تنظیم کننده در آبیاری به حساب می‌آید، بدین وسیله می‌توان محصولات متنوع منجمله غله‌جات را در خاک‌های مختلف مورد کشت قرار داد.

تعریف مسأله

آب مایع حیات بخش و مهم‌ترین منبع طبیعی کره زمین است. آب عنصر جدایی ناپذیری از زندگی را تشکیل می‌دهد. از قرن‌ها قبل ثابت شده است که امکان زندگی در جای است که آب باشد. آب یکی از مواد مایع و فراوان‌ترین ماده مرکب برروی زمین و بستر اولیه حیات به شکل شناخت امروزی آن است و جستجوی حیات بر روی سایر سیارات بر اساس وجود آب مایع است. بیش از ۷۱/۱٪ وزن یک انسان از آب تشکیل شده است و بیش از ۷۱٪ سطح کره زمین را آب پوشانده است و تنها ۳٪ از آب‌های کره زمین شیرین و قابل نوشیدن است و بقیه ۷۱٪ آن به علت شوری قابل استفاده برای ساکنین کره زمین نمی‌باشد و از ۳٪ آب شیرین ۲٪ آن منجمد در دو قطب شمال وجنوب و بیش از ۹۴٪ بصورت شور است. آب نقش مهمی در اقتصاد جهان دارد. نزدیک ۷۰٪ آب شیرین مصرفی توسط انسان درکشاورزی مصرف می‌شود. امروزه بشر در جریان شتابان توسعه برای تامین آب با مشکلات زیادی روبرو است این وضعیت در اقلیم‌های خشک کم بارش شدیدتر است. با وقوع خشکسالی‌ها و استفاده بی‌رویه و عدم مدیریت درست آب، برنامه‌ریزان را با شرایط بحرانی‌تر روبرو ساخته است. محدودیت منابع آبی، رشد سریع جمعیت ونیاز به تولید بیشتر سبب شده است که بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌های مصرف کننده آب تقاضای بیشتری برای مصرف داشته باشد. بنابراین مهم‌ترین چالش بخش کشاورزی در هرات در شرایط کنونی چگونگی تولید بیشتر غذا از آب کمتر است. دراین میان مدیریت آب در بخش کشاورزی که بخش عمده از مصارف آب در افغانستان و جهان را نیز شامل می‌شود، می‌تواند بسیار مؤثر و راهگشا باشد. راندمان‌های آبیاری، بهره‌وری مصرف آب کشاورزی، مقدار آب مصرفی در بخش کشاورزی و توسعه پایدار روش‌های نوین آبیاری از مهم‌ترین شاخص‌های کلیدی وروی در برنامه-ریزی‌های کلان مربوط به تامین تخصیص و مصرف اصولی از آب در در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی است. ولسوالی انجیل ولایت هرات که در مرکز هرات واقع شده تقریباه ۸۰۰ هزار نفوس دارد که شغل ۷۰ درصد مردم این ولسوالی زراعت و مالداری می‌باشد. در این ولسوالی ۱۷۰۰۰ هکتار زمین زراعتی موجود است. در این ولسوالی انواع غله‌جات، میوه‌جات، سبزیجات کاشت و برداشت می‌شود. زمین‌های زراعتی این ولسوالی از ۱۹ کانال که از رودخانه هریرود جدا می‌شود آبیاری می‌شوند. که به علت روش آبیاری سنتی و عدم مدیریت بهینه مصرف آب، کشاورزان بطور اکثریت با کمبود آب مواجه می‌باشند. این امر باعث شده است که کشاورزان نتوانند حاصل قابل قبولی از مزارع برداشت کنند. حتی باعث نزاع و کشمکش بر سر چگونگی استفاده از آب در منطقه نیز شده است که ادامه این وضعیت و تغیرات اقلیمی و عدم سازگاری با تغیر اقلیم، کشاورزان این ولسوالی به مرور شغل پر درآمدشان را از دست می‌دهند و از طرف دیگر کشاورزان این ولسوالی

طی سال‌های اخیر برای آبیاری زمین‌های خود اقدام به حفر چاه‌های عمیق نموده و با استفاده از پمپ‌ها به گونهٔ افراطی هزاران هکتار زمین را در فصول مختلف آبیاری می‌کنند. این موضوع باعث نگرانی ساکنان این ولسوالی شده است که در آینده می‌تواند مشکلات کم‌آبی جدی‌تر را در این ناحیه به وجود آورد. دراین تحقیق سعی گردید که نحوه مدیریت بهینه مصرف آب در بخش کشاورزی با استفاده از مدل WEAP با سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار گیرد. روش تحقیق در این پایان نامه متکی بر مدل‌سازی کامپیوتری آب‌های ورودی به محدوده مورد مطالعه خواهد بود. این امر با جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز و مدل‌سازی صورت خواهد گرفت. با در دست داشتن این مدل می‌توان سناریوهای بهره‌برداری آینده را تعریف و مدل‌سازی کرد تا اثرات آن‌ها در آینده محدوده مورد مطالعه آشکار شود.

اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

اهمیت و ضرورت انجام این تحقیق شناخت بیش‌تر از روش‌های آبیاری برای ارایه راه حل‌های مدیریتی از نکته نظر بهره‌برداری پایدار می‌باشد. اگر مدل به نحو مطلوبی تنظیم و آماده شود، می‌تواند وسیله‌ای قابل قبول جهت پیش‌بینی‌های لازم به منظور مدیریت بهینه مصرف آب در بخش کشاورزی باشد. در واقع که چنین اطلاعاتی می‌تواند در مدیریت بهینه مصرف آب در ولسوالی انجیل موثر واقع شود. عدم وجود مدل‌سازی برای مدیرت بهینه مصرف آب باعث خواهد شد که زمین‌های زیادی از کشت باز مانده و بیکاری کشاورزان و استفاده بی‌رویه از آب‌ها ادامه داشته باشد. اما در صورت تهیه مدل می‌توان ادامه روند موجود و یا سناریوی بهره‌برداری متفاوت نسبت به وضع موجود را مدل‌سازی و اثرات آن را مشاهد نمود.

اهداف تحقیق

- مدیریت بهره‌برداری از منابع آب‌های ورودی به محدوده مورد مطالعه
- ارایه الگوی کشت مناسب با ارایه سناریوهای مختلف
- ارایه بهترین روش آبیاری و سازگاری با شرایط اقلیمی آینده در محدوده مورد مطالعه
- بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب سطحی محدوده

فرضیات تحقیق

- مدل WEAP می‌تواند گزینه مناسبی برای مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب در جهت تامین حداکثری نیازهای محدوده والسوالی انجیل باشد.
- بنظر می‌رسد با مدیریت بهینه مصرف آب در بخش کشاورزی میزان محصولات کشاورزان افزایش یابد.

- تغییرات اقلیمی اثرات منفی در تامین نیازهای محدوده ولسوالی انجیل دارد.

اصول یکپارچه مدیریت منابع آب

اصول یکپارچه مدیریت منابع آب در اصول چهارگانه دوبلین (۱۹۹۲) ارائه شده است که در این اصول بر محدود بودن منابع آب شیرین، به کارگیری اقدامات همه جانبه در مدیریت منابع آب، هماهنگ نمودن توسعه اقتصادی و اجتماعی و حفظ منابع طبیعی، توسعه و مدیریت منابع آب با استفاده از اقدامات مشارکتی، افزایش آگاهی‌های عمومی، نقش زنان در مدیریت منابع آب، ارزش اقتصادی آب و مدیریت آب به عنوان کالای اقتصادی تاکید شده است.

بهینه‌سازی مصرف آب

طبق تعریف انجمن منابع آب امریکا (AWWA) بهینه‌سازی مصارف آب عبارت است از فعالیت‌هایی که طراحی می‌شوند تا تقاضا برای آب را کاهش دهند، کارایی مصارف آب را افزایش داده و افت‌ها و تلفات آن را کاهش دهند و عملیات مدیریت اراضی را بهبود بخشند به طوریکه موجب صرفه‌جویی در مصرف و حفظ آب گردد. برای بهینه سازی مصرف آب در بخش کشاورزی باید عوامل مؤثر در انتخاب الگوی کشت و مساحت زیر کشت و وضعیت منابع آبی را مورد بررسی قرار داد.

نقش و اهمیت مدل‌ها در مدیریت منابع آب

یک مدل، در واقع دید کلی را در مورد منابع آب و شرایط موجود در آن به مدل‌ساز و یا هیدروژئولوژیست می-دهد که بر اساس آن بتواند واکنش مدل را به استرس‌های گوناگونی که ممکن است بر آن وارد شود، پیش-بینی کرده و با در نظر گرفتن این واکنش بتواند تصمیم‌گیری مناسبی را بسته به شرایط موجود انجام دهد. البته نکته‌ای که در رابطه با مدل باید در نظر داشت این است که میزان صحت و درستی نتایج به دست آمده از مدل بستگی مستقیم به میزان صحت داده‌های ورودی به آن دارد. با داشتن اطلاعات دقیق و کامل می‌توان شبیه‌سازی بهتری را انجام داد.

معرفی منطقه مورد مطالعه (موقعیت عمومی و جغرافیایی منطقه)

ولسوالی انجیل یکی از ولسوالی‌های ولایت هرات است.که از جانب شرق با ولسوالی کرخ، سمت غرب با ولسوالی زنده جان، شمال با ولسوالی های کشک رباط سنگی وگلران وجنوب با رودخانه هریرود و ولسوالی گزره می‌رسد. دارای حدود ۸۰۰ هزار نفوس بوده و مساحت آن حدود ۳۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. این ولسوالی در فاصله ۵ کیلومتری شهر هرات واقع گردیده است. دارای ۴۶۸ قریه بوده که مهم‌ترین آنها عبارت اند از: عقاب،

ادران، بزدان، نوین علیا و سفلا، کارته، غیزان علیا و سفلا، بالیان، بکر آباد، غور درواز، برامان، دیوانچه، ملاسیان و غیره. مساحت زمین داری ولسوالی انجیل ۱۷۰۰۰ هکتار بوده که از جوی‌ها وکانال‌های بزرگی که از هریرود جدا می‌شود آبیاری می‌گردد. همچنان به تعداد ۵۰۰ حلقه چاه عمیق و ۱۲۰ قنات (کاریز) و ۵۰ چشمه نیز به وسعت آبیاری در این ولسوالی افزوده است. شغل اکثر مردم در ولسوالی انجیل زراعت، مالداری و باغداری بوده که محصولات مهم آن، گندم، جو، ماش، کنجد، زردک، لوبی، برنج، انگور، سیب، زرد آلو، انار، شفتالو، زعفران و غیره می‌باشد، لازم به ذکر است که عمده‌ترین محصولات دامداری این ولسوالی را ماست، شیر، پشم، پوست، روغن و غیره تشکیل می‌دهد. حدود ۷۰ درصد مردم که متشکل از ۲۷۰ قریه می‌باشد از نعمت برق برخوردار بوده و زمینه تعلیم وتربیت در این ولسوالی بصورت قابل ملاحظه مهیا می‌باشد. این ولسوالی دارای ۱۵ آثار باستانی نیز می‌باشد و عمده‌ترین تفریگاه‌های این ولسوالی عبارت‌اند از خواجه سربر، قریه کبرزان، شهزاده یعقوب، امام شش نور، پشتون پل، پل مالان و شیدایی می‌باشد.

شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی ولسوالی انجیل در ولایت هرات (گزارش برنامه‌ریزی منابع آب وزارت انرژی وآب ، ۲۰۱۸)

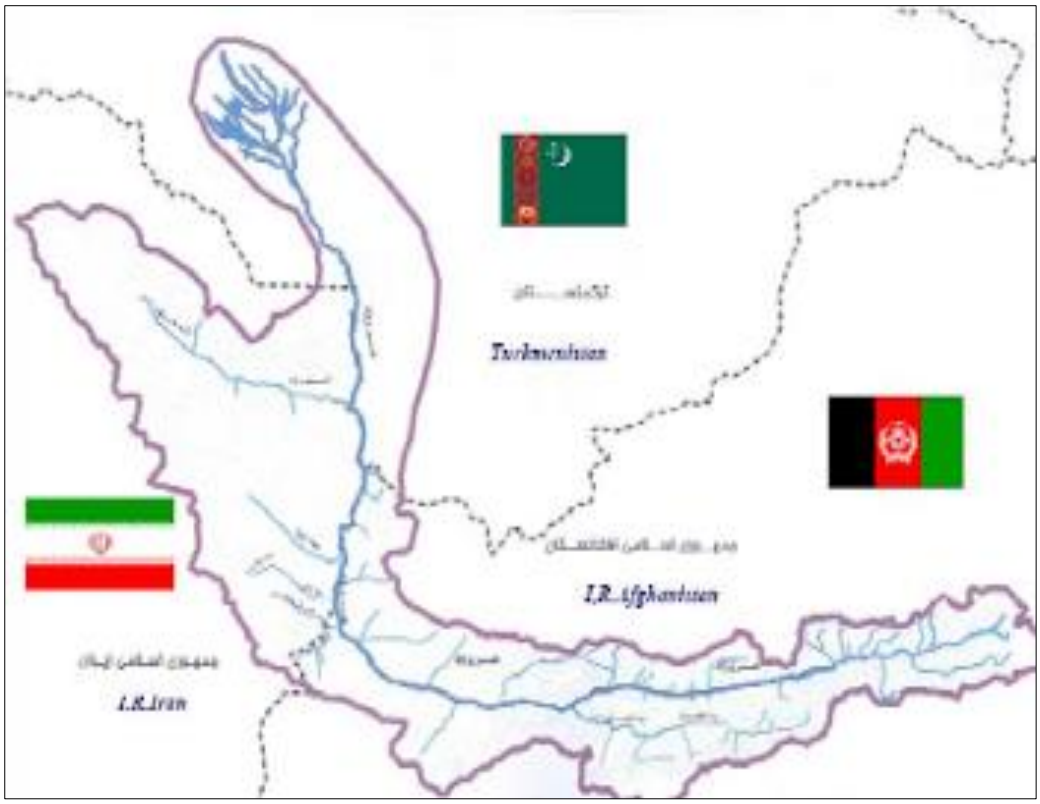
منابع آبی ولسوالی انجیل

آب‌های زیرزمینی

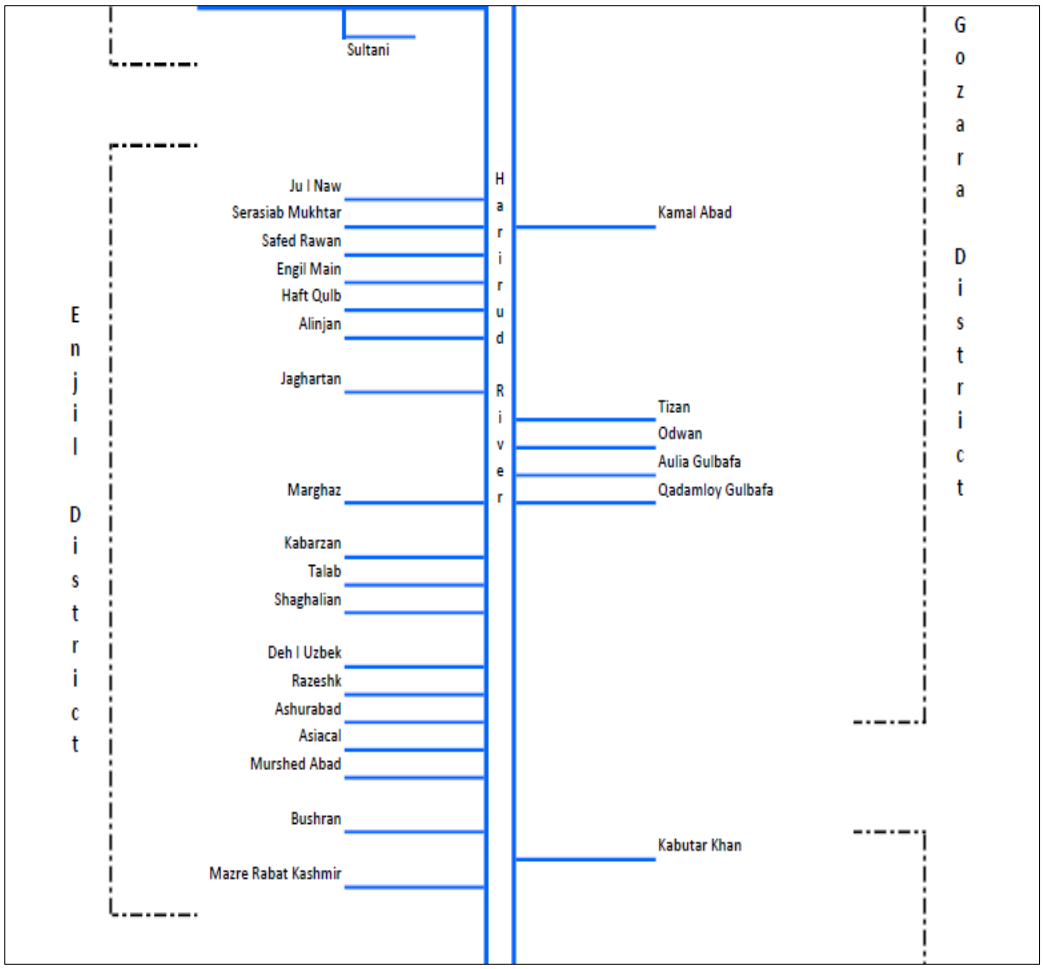
آب‌های زیرزمینی در این محدوده متاثر از جنس و بافت خاک، آب و هوای منطقه وآب‌های سطحی می-باشند. بصورت دقیق از وضعیت آب‌های زیرزمینی این منطقه اطلاع چندانی در دست نیست. ولی در عین حال می‌توان گفت که امکان تشکیل آبخوان زیرزمینی وجود ندارد. چراکه سطح ایستایـی (Water table) در این منطقه بین (۳ الی ۲۰ متر) بوده است. کیفیت آب‌های زیرزمینی در ولسوالی انجیل عالی بوده بدین ترتیب نه تنها در کشاورزی استفاده می‌شود بلکه اغلب آب آشامیدنی اهالی این محدوده و حتی آب مصرفی بیشتر نواحی شهر هرات نیز از آب‌های زیرزمینی ولسوالی انجیل تامین می‌شود.

آب‌های سطحی

بیشترین آب مورد نیاز کشاورزی در ولسوالی انجیل هرات از طریق آب‌های سطحی تامین می‌شود. که این آب‌ها از ۱۹ جوی نسبتا بزرگ (کانال) از رودخانه هریرود به اراضی این ولسوالی می‌رسد. هریورد رودی است که از کوه‌های مرکزی افغانستان (هندوکش) سرچشمه می‌گیرد و با گذر از ولایت‌های غور و هرات در افغانستان از مرز مشترک افغانستان و ایران می‌گذرد و سپس از پیوستن کشف‌رود به آن، با نام رود تجن وارد شنزارهای کشور ترکمنستان می‌شود.



شکل ۲. حوضه‌آبریز هریرود (گزارش هیدرولوژی وزارت انرژی وآب افغانستان، ۲۰۱۸)



شکل ۳. شبکه آبیاری هریرود در ولسوالی انجیل (گزارش هیدرولوژی وزارت آب و انرژی افغانستان، ۲۰۱۸)

وضعیت کشاورزی منطقه

ولسوالی انجیل یکی از ولسوالی‌های نوزده‌گانه ولایت هرات است که شغل بیشتر مردم آن کشاورزی می‌باشد. دارای ۱۷۰۰۰ هکتار زمین زراعتی بوده که یکی از حاصل‌خیز ترین مناطق هرات بشمار می‌آید. در ضمن بعد از ولسوالی‌های پشتون، زرغون و اوبه این ولایت بهترین و بیشترین استفاده را از آب رودخانه هریرود دارد. در اراضی زراعتی این ولسوالی اکثرا غله‌جات، حبوبات و نباتات صنعتی، باغات و میوه‌جات، سبزیجات کاشت و برداشت می‌شود. که از جمله (۵۸٪ غله‌جات)، (۸٫۲۹٪ حبوبات و نباتات صنعتی)، (۱۲٫۱۵٪ میوه‌جات و باغات)، (۲۱٫۵۶٪ سبزیجات) می‌باشد.

مدل WEAP

WEAP مخفف "سیستم طراحی و ارزیابی آب" است که در سال ۱۹۸۸ برای اولین بار توسط پائول راسکین (PaulRaskin) پایه ریزی گردید و پس از آن زیر نظر وی توسعه یافت. در سال ۱۹۹۰ توسط مؤسسه محیط زیست استکهلم (SEI) در سوئد معرفی شده است، سپس مرکز مهندسی هیدرولوژی ارتش آمریکا سرمایه گذاری‌های فراوانی را جهت توسعه این نرم‌افزار انجام داد. مدل WEAP، چارچوبی جامع، قابل انعطاف و کاربرپسند را برای تحلیل سیاست‌ها در منابع آب فراهم می‌کند. این نرم‌افزار با هدف دخیل کردن طرح‌های تأمین آب در چارچوب مسائل مربوط به مدیریت مصرف، کیفیت آب و حفاظت محیط زیست در یک ابزار کاربردی برای برنامه‌ریزی منابع آب توسعه داده شده است. مدل WEAP را می‌توان به یک آزمایشگاه کوچک تشبیه کرد که در آن طرح‌ها مختلف مدیریتی آزمایش می‌شود.

امروزه از مدل WEAP به طور گسترده‌ای در سرتاسر جهان به منظور پشتیبانی از برنامه‌ریزی‌های منابع آب استفاده می‌شود (هوف و همکاران، ۲۰۱۱). WEAP ترکیبی از تعادل آب و مدل تخصیص آب است که به طور گسترده‌ای در سطح بین المللی استفاده می‌شود (Höllermann و همکاران، ۲۰۱۰؛ Howells و همکاران، ۲۰۱۳؛ مانند Mehta و همکاران، ۲۰۱۱؛ Purkey و همکاران، ۲۰۰۷؛ Varela-Ortega و همکاران، ۲۰۱۱؛ Yates و Miller، ۲۰۱۳). به دلیل اینکه در WEAP ماهیت توابع نیاز و مصرف خطی است روش خوبی برای برنامه‌ریزی منابع آب حوضه‌ها می‌باشد. این مدل قادر است مسائل مرتبط با مصارف از قبیل الگوهای مصرف آب، راهبردهای استفاده مجدد از آب، هزینه‌ها و الگوهای تخصیص آب و همچنین مسائل مربوط به منابع از قبیل جریان رودخانه، منابع آب زیرزمینی، مخازن و خطوط انتقال آب را شبیه‌سازی کند. پایه نرم‌افزار WEAP براساس محاسبه بیلان آب است که در آن هم مدیریت منابع آب و هم مدیریت محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر این، WEAP می‌تواند 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، حداقل نیازهای زیست محیطی، ارزیابی آسیب پذیری و تحلیل منفعت-هزینه طرح را پوشش می‌دهد (WEAP User Guide، ۲۰۰۵). ساختار مدیریتی در WEAP با استفاده از سناریوهایی که در آن نوشته می‌شود وضعیت آینده آب را نشان می‌دهد که در آن می‌توان تأثیر آب و هوا، مدیریت کاربری اراضی، تقاضا، تنظیمات و برنامه‌ریزی‌ها را مشخص کرد. سناریوها از سال پایه اخذ می‌شوند (سیبر و همکاران، ۲۰۰۵).

مزیت اصلی WEAP رویکرد یکپارچه در شبیه‌سازی و بهینه‌سازی سیستم‌های آبی و جهت گیری آن در راستای سیاست‌ها می‌باشد. WEAP در معادلات خود، مسائل مربوط به نیازها (الگوهای مصرف آب، بازده تجهیزات، استفاده مجدد، هزینه‌ها و تخصیص) را همگام با مسائل مربوط به منابع (جریان‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، مخازن و انتقال‌های آب) لحاظ کرده و با استفاده از بهینه‌سازی خطی بهترین راه‌حل را ارائه می‌دهد (SEI، ۲۰۰۱).

به دلیل نیمه تئوری بودن مدل‌های هیدرولوژیکی تعبیه شده در WEAP، باید از واسنجی استفاده کرد. در عین حال برای واسنجی ابزار خاصی تعبیه نشده و این کار به صورت دستی انجام می‌شود (سیبر و همکاران، ۲۰۰۵).

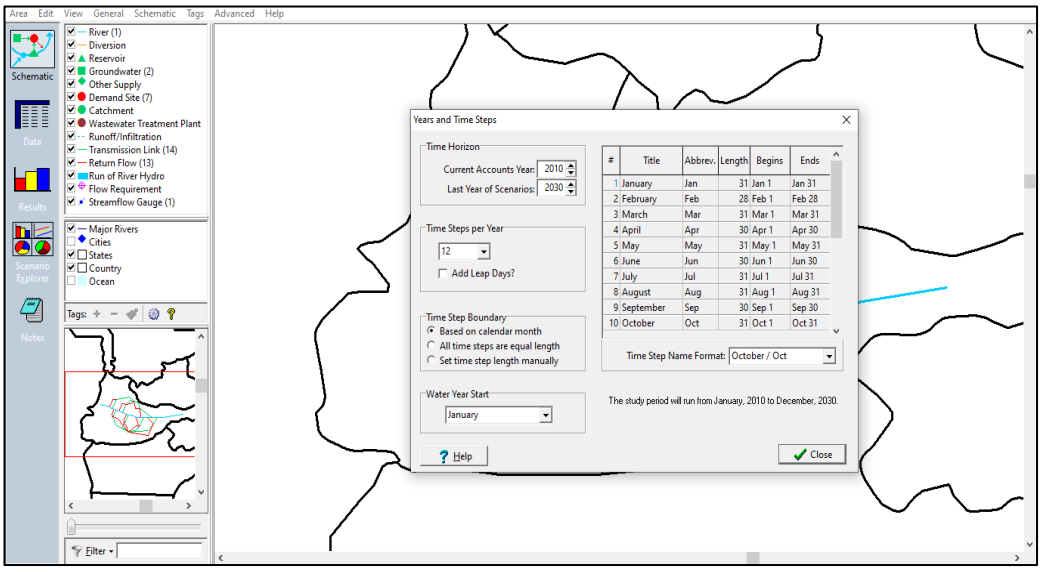
WEAP با هدف تبدیل شدن به ابزار برنامه‌ریزی انعطاف پذیر یکپارچه و شفاف برای پایداری تقاضای آب جاری و الگوهای عرضه و تشریح سناریوهای مدیریتی بوجود آمده است. اطلاعات مدیریت نیاز برای شبیه‌سازی در WEAP شامل چهار دسته کلی می‌باشد: ۱) اطلاعات نقاط نیاز؛ ۲) اطلاعات هیدرولوژیکی؛ ۳) اطلاعات مربوط به منابع آب، شامل رودخانه‌ها، مخازن و ...؛ ۴) اطلاعات مربوط به کیفیت آب. همچنین مدل WEAP با دارا بودن امکان کالیبره شدن با شرایط موجود و ورود و نرخ رشدهای متغیر سناریوهای متفاوتی از تحلیل آینده را نیز به ما می‌دهد. این مدل در معادلات خود، مسائل مربوط به نیاز (الگوهای مصرف آب، راندمان تجهیزات، استفاده مجدد، هزینه‌ها و تخصیص) را هم گام با مسائل مربوط به منابع (جریان‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، مخازن و انتقال‌های آب) لحاظ کرده است. از یک طرف ابزاری برای شبیه‌سازی پیش‌بینی تقاضاها، مقادیر عرضه، جریان‌ها، مقادیر ذخیره، تولید آلودگی و تصفیه آب و از طرفی ابزاری برای تحلیل سیاست‌های گوناگون مدیریت و توسعه منابع آبی می‌باشد (سیبر و همکاران، ۲۰۰۵).

- از قابلیت های متفاوتی که نرم افزار WEAP دارد می توان به طور خلاصه به موارد زیر اشاره کرد:
- تحلیل مولفه های بیلان منابع آب سطحی و زیرزمینی در مقیاس محدوده های مطالعاتی و کل حوضه آبریز
- ارزیابی کمی و کیفی منابع آب با توجه به برداشت های آب در نقاط مختلف حوضه آبریز
- تعیین سهم مناطق مختلف از منابع آب حوضه آبریز
- امکان کالیبره شدن با شرایط موجود حوضه آبریز
- امکان نمایش گرافیکی اعمال سیاست های مختلف در حوضه های آبریز روی متغیرهای حساس و مختلف
- انعطاف پذیری مدل جهت تغییر اجزای آن با توجه به شرایط حوضه آبریز

تنظیم پارامترهای عمومی در WEAP

برای تنظیم سال‌ها و گام‌های زمانی از منوی General نرم‌افزار، سال و ماه را براساس تقویم میلادی تنظیم می‌کنیم به این صورت که یک سال پایه در نظر گرفته و اطلاعات مورد نیاز برای این سال وارد مدل می‌شود. در ادامه سال پایه، یک دوره آماری چند ساله برای شبیه‌سازی در نظر گرفته می‌شود. در این تحقیق سال ۲۰۱۰ به عنوان سال پایه و سال ۲۰۱۹ به عنوان سال پایانی دوره زمانی شبیه‌سازی با ۱۲ گام زمانی (شروع دوره شبیه‌سازی از اول ژانویه) انتخاب شد و سپس با بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب رودخانه هریرود در محدوده مطالعاتی، مدیریت منابع

و مصارف آب تا سال ۲۰۳۰ طی سناریوهای مختلف مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در شکل (۳-۴) تنظیمات سال و گام زمانی نشان داده شده‌اند.



شکل ۴. تنظیمات سال و گام زمانی

با بررسی‌های صورت‌گرفته و اطلاعات به‌دست‌آمده برای مدلسازي و ارزیابي مدیریت بهینه مصرف آب در بخش کشاورزي ولسوالی انجیل استان هرات و ارائه راهکار مدیریتی، ابتدا در نرم افزار WEAP دوره زمانی مورد نظر برای بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۱۰ و براساس شروع سال آبی از January تنظیم گردید، سپس شبکه رودخانه هریرود به عنوان منبع اصلی تامین نیاز کشاورزی در محدوده مورد مطالعه در محیط نرم افزار WEAP ترسیم شد. دبی سرشاخه بر اساس گزارشات هیدرولوژي وزارت آب و انرژی افغانستان وارد مدل گردید. در گام بعد برای شبیه‌سازی شرایط موجود تمامی مصارف یا به عبارت دیگر تمامی برداشت‌ها از رودخانه هریرود و منابع آب زیرزمینی در محدوده ولسوالی انجیل، که شامل نقاط نیاز کشاورزی، شرب و صنعت می‌باشند وارد مدل گردید. شماتیک رودخانه هریرود، نقاط نیاز و لینک‌های برداشت از آب سطحی و زیرزمینی و لینک‌های برگشتی محدوده مطالعاتی ولسوالی انجیل را در محیط WEAP نشان می‌دهد.

معرفی سناریوهای اجرا شده در مدل WEAP بر روی منطقه مورد مطالعه

با بررسی شرایط موجود کشاورزی در محدوده ولسوالی انجیل مشخص گردید که نیاز کشاورزی در طول دوره شبیه‌سازی به صورت کامل تامین نمی‌گردد و کمبود منابع آب برای نیاز کشاورزی باعث گردیده بسیاری از زمین‌های کشاورزی از کشت بازمانده که این موضوع می‌تواند در شرایط اقتصادی ذینفعان تاثیر منفی داشته باشد. همچنین الگوی کشت حاضر در محدوده ولسوالی انجیل باعث شده کشاورزان برای تامین نیاز کشاورزی به استفاده بی رویه از منابع آب زیرزمینی روی آورده که این امر می‌تواند در آینده اثرات منفی بر روی منابع آب زیرزمینی داشته باشد. علاوه بر این اثرات اقلیمی در آینده می‌تواند تامین نیازهای محدوده مطالعاتی به خصوص کشاورزی را با مشکلات بیشتری روبه رو کند. از این رو اجرای سناریوهایی در راستای بهبود وضعیت موجود و مدیریت بهینه مصرف آب در این محدوده می‌تواند بسیاری از مشکلات را کاهش داده یا حداقل اثر گذاری آن‌ها را کاهش دهد. دراین پژوهش بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط سازمان آب و انرژی افغانستان که در گزارش برنامه‌ریزی منابع آب ارائه شده است، الگوی کشت بهینه منطقه و سه سناریوی دیگر که در جدول (۱) اشاره شده بر روی مدل شبیه‌سازی شده اجرا گردید و نتایج آن ارائه شد.

جدول ۱. معرفی سناریوهای اجرا شده بر روی مدل شبیه‌سازی

سناریو	توضیحات
S1	افزایش ۱۵ درصدی راندمان کشاورزی
S2	تغییر الگوی کشت منطقه مورد مطالعه (الگوی کشت بهینه)
S3	ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب سطحی و تامین نیازها
S4	بررسی اثر تغییر اقلیم و تغییر الگوی کشت در منطقه مورد مطالعه

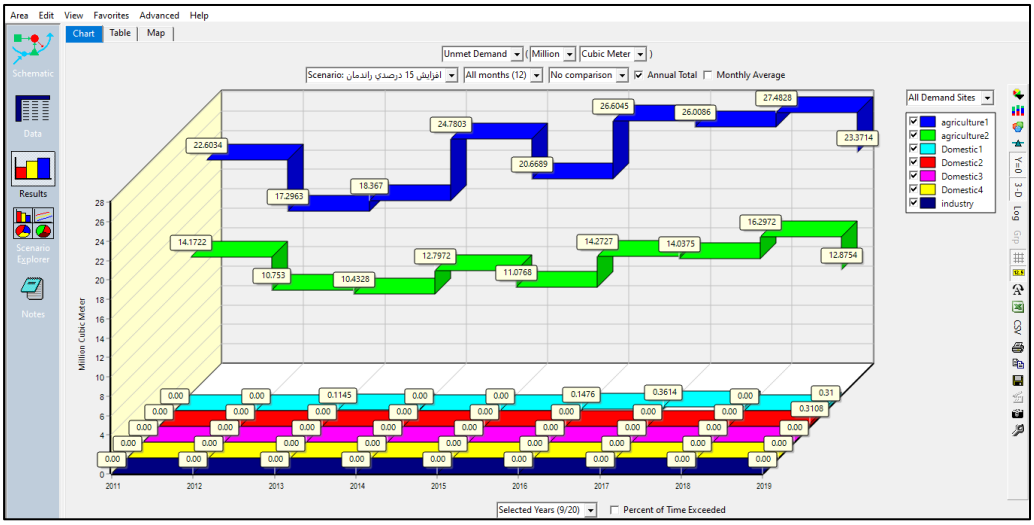
بررسی نتایج سناریوهای اجراشده در مدل شبیه‌سازی WEAP

در محدوده مورد مطالعه ولسوالی انجیل برای مدیریت بهینه مصارف آب و ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر روی منابع آب موجود در آینده چهار سناریو S1 الی S4 به شرح زیر اجرا شد. در سناریو S1 به بررسی اثر تغییر راندمان کشاورزی برای افزایش بهره‌وری و حداکثر کردن تامین نیاز کشاورزی در ماه‌های مختلف پرداخته شد. تغییر الگوی کشت حاضر به الگوی کشت بهینه پیشنهاد شده توسط وزارت آب و انرژی افغانستان جهت مدیریت بهینه مصرف آب در بخش کشاورزی در سناریو S2 مورد ارزیابی واقع شد. در گام بعد پس از ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم بر منابع آب محدوده والسوالی انجیل، اثرات این موضوع بر روی تامین یا عدم تامین مصارف موجود در محدوده مورد

مطالعه توسط سناریوی S3 و بررسی تاثیر تغییر اقلیم توام با تغییر الگوی کشت حاضر به الگوی کشت بهینه طی دوره ۲۰۲۱-۲۰۳۰ در سناریو S4 مورد بررسی قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل سناریو (S1)

هدف از اجرای این سناریو بررسی ارتقای شاخص تامین نیاز کشاورزی با افزایش ۱۵ درصدی راندمان کشاورزی در طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۹ می‌باشد. نتایج ارائه شده در شکل (۵) نشان داد که سال ۲۰۱۸ بیشترین کمبود منابع آب برای کشاورزی را با مقدار ۴۳٫۸ میلیون متر مکعب دارا می‌باشد که علت آن کاهش آبدهی رودخانه هریرود به عنوان منبع اصلی تامین مصارف کشاورزی است. علاوه بر این نتایج نشان داد با افزایش ۱۵ درصدی راندمان کشاورزی درصد پوشش مصارف کشاورزی در ماه‌های مختلف بخصوص در فصل تابستان افزایش محدودی داشته است. نتایج این سناریو نشان داد که فقط افزایش راندمان کشاورزی نمی‌تواند اثر مثبت قابل توجه‌ای در بحث مدیریت بهینه مصرف آب در بخش کشاورزی داشته باشد و لازم است این سناریو به همراه تغییر الگوی کشت حاضر به الگوی کشت بهینه پیشنهاد شده انجام گیرد.



شکل ۵. مقادیر تامین نشده نیازهای محدوده مطالعاتی طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۱۹ تحت سناریو S1 (mcm)

جدول ۲. درصد پوشش نیازهای محدوده مطالعاتی در ماه‌های مختلف تحت سناریو S1

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Agriculture	100.0	100.0	100.0	97.3	86.7	72.6	70.3	70.1	73.3	95.7	100.0	100.0
Domestic	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	۹۹	۹۹	۹۹	100.0	100.0	100.0
Industrial	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

تجزیه و تحلیل سناریو (S2)

هدف از اجرای سناریوی S2 ارزیابی پتانسیل منابع آب موجود در محدوده مطالعاتی برای ارتقای تامین نیاز کشاورزی با اجرای الگوی کشت بهینه پیشنهاد شده می‌باشد. اجرای این سناریو در راستای مدیریت بهینه منابع و مصارف آب در ولسوالی انجیل می‌باشد. در این سناریو مصارف کشاورزی به تفکیک نوع محصول و میزان نیاز ماهانه در جدول (۳ و ۴) که همان الگوی کشت بهینه توصیه شده تسط وزارت آب و انرژی افغانستان می‌باشد ارائه گردیده است. در الگوی کشت بهینه پیشنهاد شده راندمان کشاورزی در بخش غله و حبوبات برابر با ۶۱ درصد و در بخش میوه‌جات و سبزیجات برابر ۷۴ می‌باشد. همچنین نوع آبیاری بخش غله و حبوبات به صورت بارانی و بخش میوه‌جات و سبزی‌جات به صورت قطره‌ای پیشنهاد شده است.

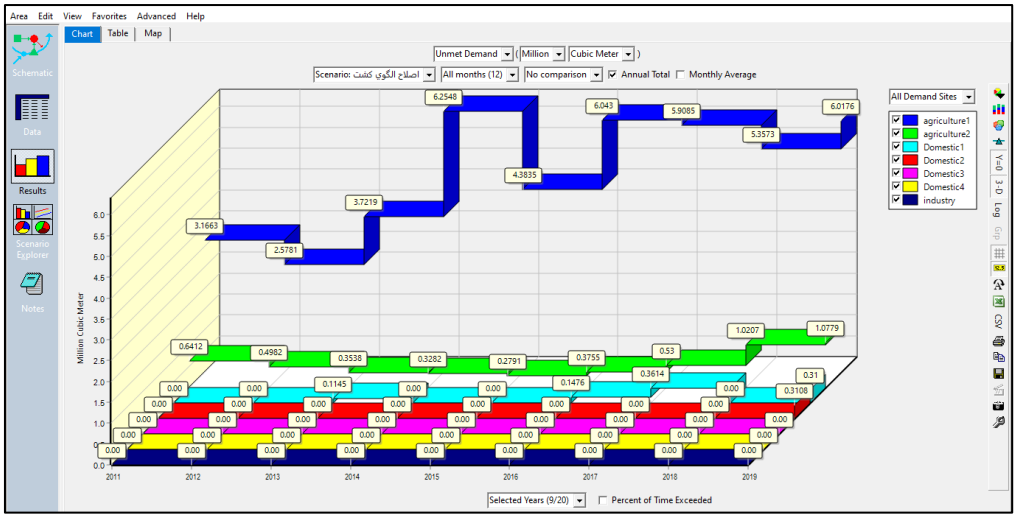
جدول ۳. الگوی کشت بهینه ارائه شده برای محدوده ولسوالی انجیل

نوع محصول	نوع آبیاری	راندمان	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	نیاز سالانه(MCM)	مصرف در هکتار (m^3/ha)
غله و حبوبات	بارانی	۶۱	2.3	5.1	8.6	8.5	5.5	4.2	8.6	9.6	12.4	8.2	7.8	2.6	83.2	7346
سبزیجات	قطره ای	۷۴	2.1	0.7	3.1	5.6	6.4	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	20.7	5615
میوه جات	قطره ای	۷۴	0.3	0.6	1.0	2.0	3.2	3.9	4.2	4.0	3.1	2.1	1.2	0.5	25.9	12459

جدول ۴. درصد تغییرات ماهانه در الگوی کشت بهینه

نوع محصول	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
غله و حبوبات	2.73	6.14	10.31	10.19	6.63	5.04	10.29	11.49	14.87	9.86	9.32	3.12
سبزیجات	10.05	3.61	14.98	27.20	30.86	9.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	3.31
میوه‌جات	0.98	2.17	3.90	7.59	12.37	14.97	16.17	15.29	12.15	8.03	4.55	1.84

نتایج اجرای سناریو S2 در شکل (۶) نشان می‌دهد که با اجرای این سناریو کمبود منابع آب در بخش کشاورزی به شدت کاهش یافته است و اجرای این سناریو نتایج بسیار مثبتی در بحث مدیریت بهینه مصارف در بخش کشاورزی دارد. با اجرای این سناریو بیشترین کمبود منابع آب در بخش کشاورزی در سال ۲۰۱۴ به مقدار ۶٫۵۸ میلیون متر مکعب می‌باشد و سال ۲۰۱۲ با مقدار ۳٫۰۸ میلیون متر مکعب کمترین کمبود منابع آب دارد. نتایج ارائه شده در جدول (۵) نیز نشان می‌دهد که با اجری این سناریو درصد پوشش نیازهای کشاورزی در ماه‌های مختلف نسبت به شرایط موجود و سناریوی افزایش ۱۵ درصدی راندمان کشاورزی افزایش چشم‌گیری داشته و اجرای این سناریو می‌تواند در بهبود مدیریت بهینه مصارف کشاورزی در محدوده ولسوالی انجیل تاثیر گذار باشد.



شکل ۶. مقادیر تامین نشده نیازهای محدوده مطالعاتی طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۱۹ تحت سناریو S2 (mcm)

جدول ۵. درصد پوشش نیازهای محدوده مطالعاتی در ماه‌های مختلف تحت سناریو S2

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Agriculture	100	100	100	99.4	99.2	95.1	92.1	90.0	89.4	99.5	100	100
Domestic	100	100	100	100	100	100	99	99	99	100	100	100
Industrial	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

تجزیه و تحلیل سناریو (S3)

در سناریوی S3 هدف بررسی اثر تغییر اقلیم بر وضع موجود منابع و مصارف آب در بخش ولسوالی انجیل می‌باشد. به این صورت که اگر وضع مدیریت منابع آب محدوده مورد مطالعه و میزان مصارف حوضه به همین منوال ادامه پیدا کند و در سال‌های پیش رو تغییرات اقلیمی بر روی منابع رودخانه هریرود اثر گذار باشد، وضع تامین مصارف محدوده به چه صورت خواهد بود. با مقایسه شرایط موجود و نتایج این سناریو در جداول (۶ و ۷) مشخص گردید که با در نظر گرفتن اثرات تغییر اقلیم، میزان عدم تامین نیازها افزایش یافته و درصد پوشش نیازها در ماه‌های مختلف بخصوص در بخش کشاورزی و شرب کاهش پیدا می‌کند و شرایط تامین نیازها از آنچه که شرایط فعلی است، در آینده دشوارتر خواهد کرد.

جدول ۶. مقادیر تامین نشده نیازهای محدوده مطالعاتی طی دوره ۲۰۲۱-۲۰۳۰ تحت سناریو S3 (mcm)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
agriculture1	27.8	29.5	23.5	23.3	29.3	25.2	32.1	30.5	34.6	27.8
agriculture2	17.0	17.9	13.9	13.4	15.5	13.6	17.7	17.0	20.4	15.7
Domestic1	0.0	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.4	0.2	0.9
Domestic2	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6
Domestic3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Domestic4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
industry	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

جدول ۷. درصد پوشش نیازهای محدوده مطالعاتی در ماه‌های مختلف تحت سناریو S3

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Agriculture	100	100	100	97	88	71.8	69.2	69	71	90	100	100
Domestic	100	100	100	100	100	100	97.5	96.5	95	100	100	100
Industrial	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

تجزیه و تحلیل سناریو (S4)

هدف از اجرای سناریوی S4 بررسی و ارزیابی توام اثرات تغییر اقلیم بر رواناب رودخانه هریرود در دوره آماری ۲۰۲۱-۲۰۳۰ با الگوی کشت بهینه توصیه شده توسط وزارت آب و انرژی افغانستان می‌باشد. به این صورت که پس از شبیه سازی رواناب برای دوره ۲۰۲۱-۲۰۳۰ توسط مدل پیش‌بینی رواناب Ihacres، مقادیر رواناب وارد مدل WEAP گردیده و الگوی کشت بهینه نیز همزمان در این دوره اعمال گردید.

نتایج اجرای سناریو S4 در جدول (۸) نشان می‌دهد که در سال‌های آتی با کاهش رواناب، کاهش تامین مصارف بخصوص در بخش کشاورزی حتی با اعمال الگوی کشت بهینه پیشنهاد شده نسبت به سناریو S2 صورت می‌گیرد. با مشاهده نتایج جدول (۹) و مقایسه آن با سناریو S2 مشخص می‌شود که اثرات تغییر اقلیم بر روی تامین مصارف شرب نیز در محدوده ولسوالی انجیل طی دوره ۲۰۲۱-۲۰۳۰ اثر گذار بوده است.

جدول ۸. مقادیر تامین نشده نیازهای محدوده مطالعاتی طی دوره ۲۰۲۱-۲۰۳۰ تحت سناریو S4 (mcm)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
agriculture1	4.3	4.6	4.5	4.3	6.7	4.9	5.9	5.9	6.2	6.1

agriculture2	0.8	0.9	0.8	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	1.2	1.2
Domestic1	0.0	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.4	0.2	0.9
Domestic2	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6
Domestic3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Domestic4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
industry	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

جدول ۹. درصد پوشش نیازهای محدوده مطالعاتی در ماه‌های مختلف تحت سناریو S4

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Agriculture	100	100	100	99.3	98.1	93	88	86.5	86	98	100	100
Domestic	100	100	100	100	100	100	97.5	96.5	95	100	100	100
Industrial	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

نتیجه‌گیری

محدوده مطالعاتی ولسوالی انجیل در استان هرات با داشتن منابع آب سطحی همچون رودخانه هریرود، به دلیل سو مدیریت و عدم مدیریت بهینه منابع و مصارف آب با کمبود منابع آب در بخش‌های مختلف بخصوص مصارف کشاورزی مواجه است. از این رو در این پژوهش سعی گردید با اجرای سناریوهای متفاوت راهکارهایی در جهت مدیریت بهینه منابع و مصارف این حوضه آبریز ارائه گردد. در گام اول به بررسی شرایط موجود حوضه آبریز ولسوالی انجیل پرداخته شد. نرم افزاری که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت مدل ارزیابی و برنامه ریزی یکپارچه WEAP بود. در مراحل بعد سعی گردید با اجرای سناریوهای افزایش راندمان کشاورزی و تغییر الگوی کشت حاضر به الگوی کشت بهینه، اثرات این سناریوها بر تامین حداکثری مصارف مختلف در محدوده مطالعاتی مورد بررسی واقع گردد.

امروزه بنا بر گزارشات متعدد سازمان‌های بین المللی، بحث تغییر اقلیم موضوعی کاملا مشهود است. از این رو با توجه به اهمیت تغییر اقلیم سعی گردید اثرات این موضوع بر منابع آب سطحی محدوده ولسوالی انجیل (هریرود) مورد بررسی و ارزیابی واقع شود و نتایج آن در بحث مدیریت و برنامه‌ریزی جهت مصرف بهینه منابع آب دیده شود. برای رسیدن به این هدف در این پژوهش در گام اول به بررسی مدل‌های اقلیمی متفاوت پرداخته شد. مدل اقلیمی CSIRO-MK3.6 به عنوان مدل برتر این پژوهش برای شبیه‌سازی پارامترهای دمای حداکثر و حداقل و پارامتر بارش طی دوره آماری ۲۰۲۱-۲۰۳۰ انتخاب گردید. با پیش‌بینی دما و بارش برای دوره آتی، به کمک مدل بارش رواناب IHACRES رواناب دوره آتی شبیه‌سازی گردید. خروجی مدل IHACRES به عنوان دبی رودخانه هریرود طی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۳۰ وارد مدل بهینه سازی WEAP گردید.

در گام بعد با اجرای سناریوهای S3 و S4 ، تامین یا عدم تامین مصارف مختلف در محدوده ولسوالی انجیل تحت شرایط اقلیم برای دوره آماری ۲۰۲۱-۲۰۳۰ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج شبیه‌سازی پارامترهای بارش و دمای حداقل و حداکثر برای دوره آتی مشخص کرد که میانگین ماهانه دما به نسبت دوره پایه (۱۹۸۶-۲۰۰۵) افزایشی می-باشد و پارامتر بارش نیز از روند خاصی پیروی نکرده و در بعضی ماه‌ها افزایش و در برخی موارد نیز کاهش می‌یابد. پیش‌بینی رواناب نیز نشان داد که الگوی خاصی برای ماه‌های مختلف وجود ندارد ولی در مجموع مقدار رواناب برای دوره آتی کاهش می‌یابد. نتایج اجرای سناریو S1، نشان داد که فقط افزایش راندمان کشاورزی نمی‌تواند اثر مثبت قابل توجه‌ای در بحث مدیریت بهینه مصرف آب در بخش کشاورزی داشته باشد و لازم است این سناریو به همراه تغییر الگوی کشت حاضر به الگوی کشت بهینه پیشنهاد شده انجام گیرد. نتایج سناریو S2 نیز نشان می‌دهد که با اجری این سناریو درصد پوشش نیازهای کشاورزی در ماه‌های مختلف نسبت به شرایط موجود و سناریوی افزایش ۱۵ درصدی راندمان کشاورزی افزایش چشم‌گیری داشته و اجرای این سناریو می‌تواند در بهبود مدیریت بهینه مصارف کشاورزی در محدوده ولسوالی انجیل تاثیر گذار باشد.

نتایج سناریو S3 مشخص کرد که با در نظر گرفتن اثرات تغییر اقلیم، میزان عدم تامین نیازها افزایش یافته و درصد پوشش نیازها در ماه‌های مختلف بخصوص در بخش کشاورزی و شرب کاهش پیدا می‌کند و شرایط تامین نیازها از آنچه که شرایط فعلی است، در آینده دشوارتر خواهد کرد. نتایج اجرای سناریو S4 نیز نشان داد که در سال-های آتی با کاهش رواناب، کاهش تامین مصارف بخصوص در بخش کشاورزی حتی با اعمال الگوی کشت بهینه پیشنهاد شده نسبت به سناریو S2 صورت می‌گیرد. با مشاهده نتایج جدول (۴-۱۷) و مقایسه آن با سناریو S2 مشخص می‌شود که اثرات تغییر اقلیم بر روی تامین مصارف شرب نیز در محدوده ولسوالی انجیل طی دوره ۲۰۲۱-۲۰۳۰ اثر گذار بوده است. در نهایت نتایج اجرای سناریوهای S3 و S4 نشان داد که بحث تغییر اقلیم در آینده می-تواند بر روی تامین مصارف شرب و کشاورزی این محدوده اثر منفی داشته باشد.

منابع

۱. احمدوند کهریزی.، م. روحانی.، ح. ۱۳۹۵. تأثیرات حفاظتی تغییر اقلیم براساس ریزمقیاس‌سازی پیش‌بینی شده در قرن ۲۱ (مطالعه موردی: دو ایستگاه اراز کوسه و نوده در استان گلستان). مجله اکوهیدرولوژی. دوره ۳. شماره ۴. صفحات ۵۹۷ - ۶۰۹.

۲. حافظ پرست، م.، .۱۳۸۶ ارزیابی و برنامه‌ریزي منابع آب در بهره‌برداري تلفیقی از سیستم رودخانه، سفره، سد مخزنی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی آب و خاك دانشگاه تهران.

۳. دهقان، ز.، دلبري، م.، و محمدرضاپور، ا.ا. ۱۳۹۴. برنامه‌ریزي تخصیص منابع آب تحت سناریوهاي مدیریتي در حوضه گرگان‌رود. نشریه دانش آب و خاک ۲۵، ۱۳۲-۱۱۷.

۴. رضوي طوسی، ل.، سامانی، ج. ۱۳۹۲ ، اولويت‌بندي مديريتی تعدادي از حوضه‌هاي آبريز كشور با استفاده از روش‌هاي فرآيند تحليل شبكه‌ای و الگوريتم تركيبی جديد بر اساس TOPSIS- ANP فازي، مديريت آب و آبياري، ۳(۲)، ۹۰-۷۵.

۵. سعيدي‌نيا، م.، صمدي‌بروجنی، ح.، عرب، د. .۱۳۸۷ بررسی آب قابل انتقال از سرشاخه‌هاي كارون به حوضه-هاي مجاور با استفاده از مدل . WEAP سومين كنفرانس منابع آب ايران- تبريز.

۶. شاکری زارع, حجت, کرم, امیر, صفاری, امیر, کیانی, طیبه. (۱۳۹۹). ارزیابی نیاز جریانی زیست محیطی بستر رودخانه مرزی هریرود بعد از احداث و آبگیری سد سلما افغانستان (با روش های هیدرولوژیکی). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۹(۲), ۳۴-۴۶.

۷. فاطمی، ا.، جلالی، م.، .۱۳۸۷ شبيه‌سازي و بررسی برهم كنش مخازن سري ابوالعباس و جره با رويكرد سيستمی. چهارمين كنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.

۸. قسمی، ر. ۱۳۹۸. کاربرد روش پویایی سیستم در تخصیص بهینه منابع آب سد نرگسی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهرکرد، ۱۴۰ص.

۹. كرمانشاهي، س.، داوري، ك.، هاشمي‌نيا، س.م.، فريدحسيني، ع.، و انصاري، ح. ۱۳۹۱. كاربرد مدل WEAPدر ارزيابي تأثير مديريت مصرف آب آبياري بر منابع آب دشت نيشابور. نشريه آب و خاك (علوم و صنايع كشاورزي) ۲۷، ۵۰۵-۴۹۵.

۱۰. گزارش برنامه‌ریزی منابع آب وزارت آب و انرژی افغانستان، ۲۰۱۸.

۱۱. گزارش هیدرولوژی وزارت آب و انرژی افغانستان، ۲۰۱۸.

۱۲. مساح بوانی، ع. مرید، س.۱۳۸۴. اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب و تولید محصولات کشاورزی مطالعه موردی: حوضه زاینده رود اصفهان. تحقیقات منابع آب ایران، دوره۱، شماره ۱، ص ۴۷-۴۰.

۱۳. مشفق، ع.، مریدی، ع.، عطاری، ج. ۱۳۹۷. برنامه‌ریزی منابع آب بر اساس دکترین‌های حاکم بر تسهیم آب‌های مرزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز هریرود)، تحقیقات منابع آب ایران، ۱۴(۴), ۸۰-۹۱.

۱۴. موحديان‌عطار، ف.، و بروجني، ح.ص. ۱۳۹۲. ارزيابي عملكرد شبكه‌های سد زاينده‌رود در دوره خشكسالي با استفاده از مدل .WEAP فصل نامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ۱۴، ۱۸-۲۸.

۱۵. ميرزايی، ا.، كوپاهی، م.، كرامت‌زاده، ع.، .۱۳۸۶ اثر استراتژي‌هاي قيمتی آب بر تخصيص آب آبياري. (مطالعه موردي دشت تجن استان مازندران). ششمين كنفرانس اتصاد كشاورزي ايران.

۱۶. نظری مجدر، ح.، مریدی، ع.، یزدی، جعفر.، خزائی پول، احمد. ۱۳۹۸. چشم‌انداز پایداری تامین نیازهای شرب و کشاورزی سد دوستی تحت سناریوهای تغییر اقلیم و بهره‌برداری از سد سلما، تحقیقات منابع آب ایران ۵(۳), ۱۷-۳۲.

۱۷. یزدان‌پناه، ط.، خداشناس، س.، داوري، ك.، قهرمان، ب.، ۱۳۸۷. مدیریت منابع آب با استفاده از مدل WEAP،)مطالعه موردي حوضه ازغند(. مجله علوم و صنایع کشاورزي، ویژه آب و خاك، جلد ۲۲، شماره ۱.

18. Alfarra, A., 2004. Modelling Water Resources Management In Lake Naivasha. Thesis Submitted to the International Institute for Geo-information Science and Earth Observation

19. Beijing, M., 2004. Promoting Integrated River Basin Management and Restoring Chinas Living Rivers.CCICED Task Force on Integrated River Basin Management.

20. IPCC. 2007. Summary for policymakers. In: Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.-K., Allen, S.K., Tignor, M., and Midgley, P. (Eds.), Managing the Risks of Extreme Events andDisasters to Advance Climate Change Adaptation. Cambridge University Press, 1-19

21. Larsen, H., et al,.2000. The Application of Model in integrated River basin Management , Asian Institute of Technology, Po Box 4, Klong Luang.

22. Levite, H., Sally, H., Coure,J., 2003. Testing Water Demand Management Scenarios in a Water-stressed Basin in South Africa: Application of the WEAP Model. Physics and Chemistry of the Earth. 28, pp. 779-786

23. Li X., Zhao Y., Shi C., Sha J., Wang Z.-L. & Wang Y. 2015. Application of Water Evaluation and Planning (WEAP) model for water resources management strategy estimation in coastal Binhai New Area, China. Ocean & Coastal Management 106, 97-109.

24. Massah Bavani, A.R. and Morid, S., 2005. The impacts of climate change on water resources and agricultural production. Journal of Water Resources Research; 1, pp. 40-47. (In Persian).

25. Massah Bovani, A.R., 2006. Risk Assessment of Climate Change and Its Impact on Water Resources, Case Study of Zayandeh Rood Basin of Isfahan. PhD thesis,

Department of Hydro Structures Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran. (In Persian)

26. Mourad K. & Alshihabi O. 2016. Assessment of future Syrian water resources supply and demand by the WEAP model. Hydrological Sciences Journal 61, 393-401
27. Raskin, P., Hansen, E., Zhu, Z., 2001. Simulation of Water supply And Demand in the Areal Sea Region. Water International, 17, pp. 55-67.
28. Semenov, M. A., and Barrow, E. M. 2002. A stochastic weather generator for use in climate impact studies. User Manual, Hertfordshire, UK (August):0-27
29. Sieber, J., Swartz, c., 2005. User Guide for WEAP 21. Stockolm Environment Institute , Tellus Institute.
30. Tao, F. and Z. Zhang. 2010. Adaptation of maize production to climate change in North China Plain: quantify the relative contributions of adaptation options. Eur. J. Agron. 33: 103-116.
31. Yates, D., Purkey, D., Sieber, J., Huber, A., Galbraith, J., 2005. A Physically-Based, Water Resource Planning Model of the SACRAMENTO Basin, California USA. ASCE J. Of Water Resources planning and Management