Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.13, Issue 42, December 2024

# Investigation of the impacts of climate change on the environment and water requirements of Marsh Crocodiles (Crocodylus palustris)

**Soheila Sarani[1], Bahareh Pirzadeh[2*], Yasin Zamani[3]**

1. MS.c, University of Sistan and Baluchestan, Civil Eng. Department, Zahedan, Iran
2. *Corresponding Author*, Associate Professor, University of Sistan and Baluchestan, Civil Eng. Department, Zahedan, Iran.
3. PhD, University of Sistan and Baluchestan, Civil Eng. Department, Zahedan, Iran.

**Article Info**

**Article type:**
Research Article

**Article history:**
**Received:** 05 December 2023
**Revised:** 21 April 2024
**Accepted:** 27 May 2024

**Keywords**:
Water resource management, Climate Change, Water Demand, Crocodylus Palustris, Gwando.

**ABSTRACT**

There are very valuable habitats and ecological areas in Iran. One of these areas is Sistan and Baluchestan province, which is known as the habitat of the swamp crocodile, the only representative species of the order of crocodiles in Iran. Preservation of this valuable species and its environment in the conditions of global warming, consecutive droughts, and future climate changes requires planning and management of water resources. To achieve this goal, WEAP software was selected to simulate and model water resources in the Gwando protected area, and after simulating the geometry of the area, by defining eight scenarios, different management policies were investigated to optimize the use of water resources under climate change conditions. In this research, exponential micro-scale and production of meteorological data of the region under the influence of climate change in the future was done with the help of LARS-WG software. The results showed that with the continuation of the current conditions in the studied time horizon (twenty years), there is an unmet demand of 27.75 million cubic meters, which population growth and the continuation of geopolitical policies for the development of trade and industry will increase the intensity of tension and water demand in the region. Even the scenario of saving and managing water demand, although with a ten percent reduction in consumption, has an effect on reducing the amount of unmet demand, but it is not enough.

**Cite this article:** Sarani, S., Pirzadeh, B., & Zamani, Y. (2024). Investigation of the impacts of climate change on the environment and water requirements of Marsh Crocodiles (Crocodylus palustris). Journal of Natural Environmental Hazards, 13(42), 53-70. DOI: 10.22111/jneh.2024.47372.2008

© Bahareh Pirzadeh
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2024.47372.2008

* Corresponding Author Email: b_pirzadeh@eng.usb.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۴۳۷۷-۲۶۷۶ شاپا الکترونیکی: ۴۳۸۵-۲۶۷۶
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۳، شماره ۴۲، دی ۱۴۰۳

# ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر محیط زیست و نیاز آبی تمساح پوزه کوتاه (گاندو)

سهیلا سارانی[۱]، بهاره پیرزاده[۲*]، یاسین زمانی[۳]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان
۲. دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان (نویسنده مسئول)
۳. دانش آموخته دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:** مقاله پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۲/۰۹/۱۴

**تاریخ ویرایش:** ۱۴۰۳/۰۲/۰۲

**تاریخ پذیرش :** ۱۴۰۳/۰۳/۰۷

**واژه‌های کلیدی:**
مدیریت منابع آب، تغییر اقلیم، نیاز آبی، تمساح پوزه کوتاه مردابی، گاندو.

**چکیده**

زیستگاه‌های گیاهی و جانوری بسیار ارزشمندی در کشور پهناور ما ایران قرار دارد. یکی از این مناطق، بخشی از جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان می‌باشد که به‌عنوان زیستگاه تمساح پوزه کوتاه مردابی، تنها گونه نماینده از راسته تمساح‌ها، در کشورمان شناخته می‌شود. حفظ این گونه ارزشمند و محیط زیست آن در شرایط گرمایش زمین، خشکسالی‌های پی در پی و تغییرات اقلیمی آینده نیازمند برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب است. برای رسیدن به این هدف، نرم‌افزار WEAP برای شبیه‌سازی و مدل‌سازی منابع آب موجود در منطقه حفاظت‌شده تمساح پوزه کوتاه مردابی انتخاب و پس از شبیه‌سازی هندسه منطقه، با تعریف هشت سناریو، سیاست‌های مدیریتی مختلف برای بهینه‌سازی مصرف منابع آب در شرایط تغییر اقلیم بررسی شد. در این پژوهش ریزمقیاس نمایی و تولید داده‌های هواشناسی منطقه تحت تاثیر تغییرات اقلیمی در آینده به کمک نرم‌افزار LARS-WG انجام شد. نتایج نشان داد که با ادامه شرایط فعلی، در افق زمانی مورد مطالعه (بیست سال)، ۲۷/۷۵ میلیون مترمکعب تقاضای تامین‌نشده وجود دارد که رشد جمعیت و ادامه سیاست‌های ژئوپلتیکی توسعه تجارت و صنعت باعث افزایش شدت تنش و تقاضای آبی در منطقه خواهد شد. حتی سناریو صرفه‌جویی و مدیریت تقاضای آب هرچند با کاهش ده درصدی مصرف، تا حدی بر کاهش میزان عدم تامین تقاضا تاثیرگذار است، اما کافی نمی‌باشد.

**استناد**: سارانی، سهیلا، پیرزاده، بهاره، زمانی، یاسین. (۱۴۰۳). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر محیط زیست و نیاز آبی تمساح پوزه کوتاه (گاندو). مخاطرات محیط طبیعی، ۱۳(۴۲)، ۵۳-۷۰. DOI: 10.22111/jneh.2024.47372.2008

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© سهیلا سارانی، بهاره پیرزاده*، یاسین زمانی.

*- بهاره پیرزاده (نویسنده مسئول)
Email: b_pirzadeh@eng.usb.ac.ir

**مقدمه**

تغییر اقلیم علاوه بر تاثیرات فیزیولوژیک که به‌صورت مستقیم بر موجودات آبزی یا زیستگاه‌های آنها ایجاد می‌کند، به‌طور خاص با مهاجرت موجوداتی که ساکن دریاچه‌ها و رودخانه‌های کم عمق هستند، موجب تغییر در تنوع زیستی در سطوح زیست بوم‌ها و اقلیم محلی شده است.

دما برای بسیاری از گونه‌ها عامل محرکه برای ورود به فصل تولید مثل است. بدین صورت که گونه‌ها باید دوره‌های کمون سرمایی و گرمایی را تحمل کنند تا وارد تولید مثل شوند. از طرفی، افزایش دما علاوه بر از بین بردن این نظم، به‌عنوان محرک برای مهاجرت گونه‌ها عمل کرده و جمعیت اکوسیستم‌های آبی را تغییر می‌دهد. تولیدمثل تمساح پوزه کوتاه مردابی نیز به دما وابسته است، چنان‌که بین دما ۳۱/۵ الی ۳۳/۵ درجه سلسیوس هر دو جنس نر و ماده متولد می‌شوند؛ اما در دمای بالای ۳۲/۵ درجه سلسیوس فقط جنس نر و بین دمای ۲۸ تا ۳۱ درجه سلسیوس فقط جنس ماده متولد می‌شود. یعنی با اختلاف نیم درجه ترکیب جمعیتی گاندو تغییر کرده و بالاتر از دمای گفته‌شده کل تخم‌ها از بین می‌روند (زهرایی و حسینی، ۱۳۹۹).

تمساح پوزه کوتاه یا در اصطلاح محلی"گاندو"، از میراث طبیعی منطقه بلوچستان است که خشکسالی و از بین بردن زیستگاه آن برای توسعه کشاورزی، برداشت بی‌رویه از آب برکه‌ها از طریق پمپاژ و یا ایجاد کانال و ایجاد تغییر در ترکیب آب شیرین رودخانه به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم نسل آن را در معرض انقراض قرار می‌دهد (موسوی، ۱۳۹۵). حیات و بقاء تمساح وابستگی کامل به آب دارد و هر گونه تغییر در میزان کمیت یا کیفیت آب بر محیط زیست آنها اثرات جبران‌ناپذیری دارد. احداث سد در بالادست باعث کنترل و مهار جریان‌های سطحی و در نتیجه کاهش تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی در پایاب رودخانه شده است. با افزایش میزان افت سطح آب زیرزمینی و تغییر کیفیت آبخوان به دلیل هجوم آب‌های شور، اکوسیستم منطقه تغییر کرده است. برای حفظ نیاز آبی انواع گونه‌های آبزی ساکن در رودخانه باهوکلات و حفاظت از اکوسیستم آبی رودخانه، تامین جریان آب در محل پایاب سد پیشین ضروری است. با این نگرش، مدیریت و برنامه‌ریزی جهت تخصیص میزان آب قابل‌دسترس، یکی از مهم‌ترین اقدامات کاهش مخاطرات ناشی از کمبود منابع آب می باشد (مطالعات بهنگام سازی بیلان آبی حوضه آبریز بلوچستان جنوبی، آب‌های سطحی، ۱۳۹۰).

از طرفی، تغییر وضعیت فصلی رودخانه سرباز و وجود آلودگی‌های مختلف باعث از بین رفتن پویایی این رودخانه و به دنبال آن محدود شدن زیستگاه مناسب زیست تمساح پوزه کوتاه مردابی شده است. همچنین، ازآنجاکه پلانکتون‌ها به‌عنوان پایه زنجیره غذایی در اکوسیستم آبی، نقش اساسی در تامین غذای در دسترس نوزاد تمساح دارند و کاهش میزان فراوانی جمعیت پلانکتونی همزمان با تولد نوزاد تمساح است، توجه بیشتر به دبی آب رودخانه و تلاش برای حفظ شرایط مناسب رودخانه سرباز برای حفاظت از تمساح پوزه کوتاه مردابی نقش اساسی دارد. (سینایی و همکاران، ۱۳۹۶).

بنابراین، بررسی اثر تغییر اقلیم بر تقاضای آبی منطقه حفاظت‌شده تمساح پوزه کوتاه مردابی و کمبود احتمالی آب برای برطرف‌ساختن نیاز آبی بخش‌های مختلف حوضه در صورت تخصیص آب جهت حفظ زیستگاه تمساح پوزه کوتاه مردابی و همچنین نحوه مدیریت مصرف آب در این حوضه با بررسی سناریوهای متنوع برای کاهش هرچه

بیشتر کمبود احتمالی عرضه آب در پاسخ به تقاضای مورد نیاز حوضه امری ضروری است که در این پژوهش به آن پرداخته شده است. در زمینه اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب و همچنین مدیریت منابع آبی، پژوهش‌های زیادی انجام گرفته است که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می‌شود.

یزدان‌پناه و همکاران به شبیه‌سازی ارتباط تقاضا، مصارف و منابع تأمین آب حوضه آبریز ازغند پرداختند. مطالعه آن‌ها نشان داد که در بخش کشاورزی، تغییر در الگوی کشت و یا کاهش سطح زیر کشت می‌تواند شرایط تعادل آب زیرزمینی را بهبود دهد. استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری، در صورتی می‌تواند تا حدودی باعث افزایش ذخیره آب زیرزمینی شود که با کاهش سطح زیر کشت همراه باشد؛ اما چنانچه سیستم‌های تحت‌فشار با افزایش سطح زیر کشت توام شود، موجب افزایش افت سطح آب زیرزمینی خواهد شد (یزدان‌پناه و همکاران، ۱۳۸۷). در پژوهشی اثرات تونل‌های ۱، ۲ و ۳ کوهرنگ و طرح انتقال آب بهشت‌آباد را بر وضعیت پایداری منابع آب‌های سطحی حوضه بررسی شد. نتایج، کاهش متوسط ۲۷ درصدی خروجی رودخانه‌های بهشت‌آباد و کوهرنگ در صورت بهره‌برداری از طرح‌های توسعه منابع آب، نسبت به شرایط عدم توسعه حوضه بالادست نشان دادند. (سعیدی‌نیا و همکارانش، ۱۳۸۷). پژوهش در مورد ادغام تغییرات آب‌شناسی و بوم‌شناسی برای مدیریت پایدار منابع آب توسط ژیانگ و ژان[1] در سال ۲۰۰۹ در حوضه رودخانه هانجیانگ صورت گرفت. در این پژوهش از مدل ارزیابی خاک و آب برای شبیه-سازی میانگین ماهانه جریان استفاده و مقادیر آب مورد نیاز از برداشتی از رودخانه نیز به منظور ارزیابی منابع آب موجود برای پروژه انتقال آب از جنوب به شمال چین برآورد شد. سپس سناریوهای در حال توسعه با جفت‌کردن منابع آب موجود، نرخ بازیابی منابع آبی در چرخه آب طبیعی، میزان مصرف آب محلی و مقادیر آب برای انتقال به شمال تحلیل و تجزیه شد. این پژوهش نشان داد که یکپارچه‌سازی مدل‌ها، راه جدیدی برای مدیریت یکپارچه منابع آب در حوضه رودخانه‌هاست (ژیانگ و ژان، ۲۰۰۹).

اکیواگا[2] و همکاران در سال ۲۰۱۰، به منظور یافتن راه‌حلی برای هماهنگ‌کردن تقاضای آبی بخش‌های مختلف با منابع آب موجود، مصرف آب برای پنج بخش خانگی، دامداری، حیات‌وحش، آبیاری و ذخیره‌سازی را شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار تقاضا مربوط به بخش کشاورزی است و در نتیجه توسعه کشت دیم در منطقه برای حل این مشکل پیشنهاد داده شد. طی پژوهشی عرضه و تقاضای بخش‌های کشاورزی، روستایی، شهری، صنعتی و دامداری منطقه‌ای از بالادست حوضه رودخانه کشف‌رود مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش ضمن ارزیابی وضعیت آب منطقه در نتیجه اقدامات احتمالی مؤثر و عملی ممکن، پیشنهادها و راه‌کارهایی با تدوین سناریوهای مختلف برای یک دوره ۵۰ ساله ارائه شد (گازرانی، ۱۳۸۹).

در حوضه آبریز زاینده‌رود با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، وجود منابع و مصارف مختلف آب، تضاد بین منافع دخیلان بالادست و پایین‌دست، انتقال ورودی و خروجی آب بین حوضه‌ای، دربرداشتن اکوسیستم‌های ارزشمند طبیعی نظیر باتلاق گاوخونی، مبادلات کمی و کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی، آب‌های برگشتی با مصارف و کیفیت‌های مختلف و در نهایت ظهور شرایط بحرانی کم‌آبی در این حوضه، همگی برضرورت مدیریت یکپارچه منابع آب در این حوضه آبریز مرکزی ایران دلالت دارد (صفوی و شیشه فروش، ۱۳۹۲).

1- Zhang and Xia
2- Akivaga et al.

کفایت تلورانس دمایی زیر ۲ درجه سلسیوس ناشی از تغییرات اقلیمی در پایدار تنوع زیستی با استفاده از آنالیز واکنش‌های توزیع گونه‌ها به تغییرات آب و هوا نشان داد که اگر تغییر اقلیم با سرعت فعلی خود ادامه یابد، اثرات نامطلوب شامل تغییر در زیستگاه و ترکیب گونه‌ها و در نتیجه عملکرد کل اکوسیستم دارد. در این مطالعه تخمین زده شد در صورت افزایش بیش از دو درجه سلسیوس میانگین دمای جهانی، منابع غذایی و مطلوبیت زیستگاهی جانداران کاهش شدیدی را به دنبال دارد (نوانز[1] و همکاران، ۲۰۱۹).

ارزیابی میزان آسیب بهره برداران از خشکسالی و تحلیل مولفه‌های تبیین‌کننده مدیریت بحران خشکسالی در استان سیستان و بلوچستان از دیدگاه کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی این استان نشان داد شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و فنی به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های آسیب‌پذیری در دوره خشکسالی هستند. همچنین مؤلفه‌های مختلفی مانند مدیریت زراعی، توسعه زیرساخت‌ها، مدیریت منابع آب و آموزش ترویج راه‌کارهای خشکسالی به‌عنوان مهم‌ترین مؤلفه‌های تبیین‌کننده مدیریت بحران خشکسالی هستند (خوشنودی‌فر و همکاران، ۱۴۰۱).

بررسی و تحلیل فضایی خشکسالی‌ها و متغیرهای هواشناسی آینده جنوب شرق ایران با درنظر گرفتن دوره پایه ۱۹۸۷-۲۰۲۰ و با استفاده از داده‌های مشاهداتی ۶ ایستگاه استان سیستان و بلوچستان نشان داد که میزان درصد تغییرات دمای حداقل و حداکثر در این استان به ترتیب ۱۶/۰۲ و ۸/۴۹ درصد افزایشی و مقدار درصد بارش ۹/۸۵ درصد کاهشی می‌باشد. (فرزانه و همکاران، ۱۴۰۱).

اهمیت تغییرات اقلیم و اثر آن بر منابع آبی تا حدی زیاد است که یک ناشر بین‌المللی، شماره ویژه‌ای با هدف کمک به بحث در مورد شناسایی و کمی‌سازی اثرات تغییرات آب و هوایی بر سیستم‌های مختلف منابع اب و در نتیجه به جنبه‌های زندگی منتشر نمود (ساکیریس و لوکس[2]، ۲۰۲۳).

در زمینه مطالعات زیست محیطی تمساح پوزه کوتاه مردابی، نیز می‌توان به پژوهش‌های مختلفی نظیر یوسفی و ایزدیان (۱۳۸۶)، بهروزی‌راد و همکاران (۱۳۸۸)، موسوی (۱۳۹۵)، مبارکی و همکاران (۱۳۹۷) و سینایی و همکاران (۱۳۹۷) اشاره نمود که بیشتر به مطلوبیت محیط زیست منطقه بر زندگی تمساح پوزه کوتاه مردابی پرداخته‌اند و هیچ پژوهشی تاکنون، به بررسی اثرات مخاطرات تغییر اقلیم بر محیط طبیعی زیست تمساح پوزه کوتاه مردابی و منابع آبی مورد نیاز آن نپرداخته که در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته است.

## داده‌ها و روش‌ها

متن در این پژوهش برای ریزمقیاس نمایی و تولید داده‌های هواشناسی منطقه تحت تاثیر تغییرات اقلیمی در آینده از مدل LARS-WG و برای مهندسی و مدل‌سازی مدیریت منابع آب منطقه، از نرم‌افزارWEAP استفاده شد.

در WEAP حداکثر پوشش آب مورد تقاضا برای شهرها و اکوسیستم بر اساس معادله‌ی بیلان آب، حق تقدم در تقاضا و حق تقدم در منابع تعریف می‌شود. از الگوریتم بهینه‌سازی حق تقدم برای مصارف در این نرم‌افزار استفاده می‌شود؛ به‌طوری‌که هنگام محدود شدن منابع آب، سهم همه گروه‌ها از آب به‌طور یکسان است. تمام آبی که به سیستم وارد

1- Nunez et al
2- Tsakiris, and Loucks

می‌شود حتی جریان آب برگشتی که یک مصرف‌کننده دیگر مصرف کرده است، توسط مصرف‌کننده دیگر در آن دوره زمانی نیز قابل مصرف است (سایبر[1]، ۲۰۰۵).

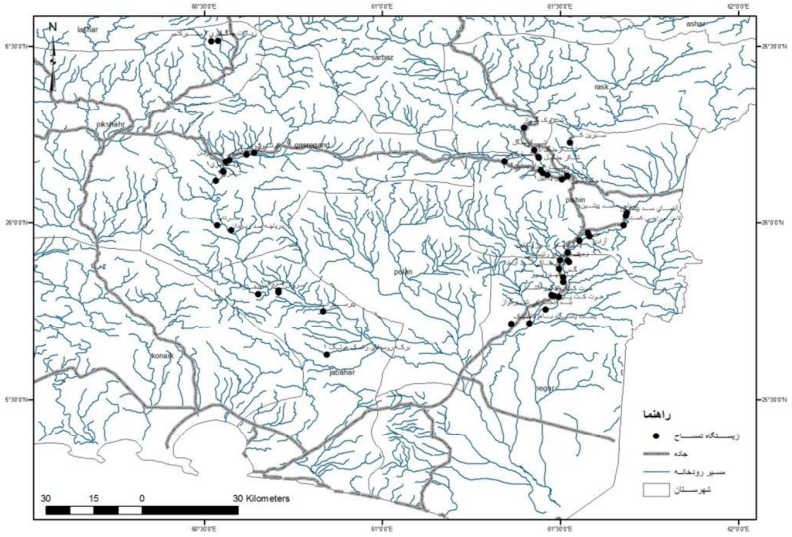
در مدل‌های جهانی اقلیم[2] خصوصیات فیزیکی، چرخش‌ها و حرکات اتمسفری تحلیل شده و سپس متغیرهای هواشناسی در شبکه‌های خاص شبیه‌سازی می‌شوند. همه عوامل اقلیمی قابل‌توجه، در مدل‌های گردش عمومی جو درنظر گرفته می‌شوند. هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم در تدوین گزارش پنجم ارزیابی خود از سناریوهای جدید RCP به‌عنوان نماینده‌ی خطوط سیر غلظت‌های مختلف گازهای گلخانه‌ای استفاده کرده است. این سناریوها به‌عنوان سناریوهای واداشت تابشی شناخته می‌شوند. واداشت تابشی که از مهم‌ترین علل تغییر اقلیم است، برای ارزیابی و مقایسه عوامل طبیعی و انسانی تغییر اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرد (هیئت بین الدول تغییر اقلیم[3]، ۲۰۰۷). سناریوهای جدید انتشار چهار خط سیر کلیدی با نام های RCP2.6 ،RCP4.5، RCP6 و RCP8.5 دارند که بر اساس میزان واداشت تابشی که احتمالاً در سال ۲۱۰۰ خواهند داشت، نام‌گذاری شده‌اند (زهرایی و حسینی، ۱۳۹۹).

دو سناریو RCP8.5 و RCP4.5 که به ترتیب حالت حد وسط و حالت بدبینانه انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشند، در این پژوهش به‌کار رفته است. بدون پیشبرد هیچ‌گونه سیاستی در زمینه کاهش و مقابله با پیامدهای تغییر اقلیم، آب و هوای کره زمین در خط سیر سناریوی انتشار RCP8.5 قرار خواهد گرفت. به‌نحوی که با ادامه این روند واداشت تابشی به میزان ۸/۵ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰ خواهد شد. در سناریو RCP 4.5 واداشت تابشی که از گازهای گلخانه‌ای قبل از سال ۲۱۰۰ ناشی می‌شود، در مقدار ۴/۵ وات بر متر مربع ثابت خواهد ماند (زهرایی و حسینی، ۱۳۹۹).

مدل LARS-WG به‌عنوان یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی هواشناسی در این پژوهش به‌کار رفته است. این مدل به‌عنوان یک مدل ریزمقیاس نمایی، در عین حال که پیچیدگی کمتری در فرایند شبیه‌سازی و داده-های ورودی و خروجی دارد، توانایی بالایی در پیش‌نمایی تغییر اقلیم دارد. ورودی‌های این مدل داده‌های میانگین دمای حداقل و حداکثر روزانه، میانگین بارش و ساعات آفتابی روزانه می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه، منطقه پراکنش تمساح پوزه کوتاه مردابی در ایران، غربی‌ترین محدوده پراکنش جهانی این گونه به شمار می‌رود که از حوضه شهرستان سرباز شروع شده و در مسیر رودخانه سرباز (باهوکلات) ادامه یافته و به برکه کلانی در نزدیک هور باهو ختم می‌شود (شکل ۱). تمرکز بیشتر جمعیت تمساح‌ها در برکه‌های میان راسک و باهوکلات و باتلاق‌های دلگان و کلانی در جنوب بلوچستان می‌باشد (گزارش بررسی زیستگاه تمساح پوزه کوتاه تالابی، ۱۳۹۴). همچنین در کنار این زیستگاه‌های طبیعی، سایت پرورش تمساح پوزه کوتاه مردابی در روستای ریکوکش در منطقه باهوکلات نزدیکی روستای درگس دشتیاری در مسیر راسک به چابهار قراردارد و به تازگی سایت جدید پرورش تمساح در منطقه آزاد چابهار نیز راه‌اندازی شده است. ایستگاه‌های هیدرومتری ثبت‌شده‌ی واقع در حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه، ۱۸ ایستگاه می‌باشد که البته از این ۱۸ ایستگاه ۱۱ ایستگاه دارای آمار آبدهی می‌باشند (جدول ۱).

1- Sieber
2 - GCMs
3- IPCC




**شکل ۱: نقشه پراکنش زیستگاه‌های تمساح مردابی.** *منبع:گزارش سرشماری جمعیت تمساح پوزه کوتاه مردابی*

**جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های آب‌سنجی.** *منبع: مطالعات بهنگام‌سازی بیلان آبی حوضه آبریز بلوچستان جنوبی، آب‌های سطحی، ۱۳۹۰*

| ردیف | رودخانه اصلی | رودخانه | ایستگاه | مشخصات جغرافیایی | | | تاریخ تاسیس | مساحت حوضه ($KM^2$) | تجهیزات | | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | طول | عرض | ارتفاع | | | اشل | لیمنیگراف | تلفریک | |
| ۱ | رابچ | رابچ | کاریانی | ۴۱-۲۲-۵۹ | ۴۳-۴۳-۲۵ | ۳۷۸ | ۱۳۶۱ | ۷۶۰۰ | * | * | | |
| ۲ | باندینی | باندینی | باندینی | ۳۵-۵۹ | ۲۸-۲۵ | ۱۰ | ۱۳۶۱ | ۷۳۸ | * | * | | تعطیل |
| ۳ | کهیر | کهیر | کهیر | ۲۰-۰۸-۶۰ | ۲۹-۳۷-۲۵ | ۴۹ | ۱۳۵۱ | ۴۵۸۰ | * | * | * | |
| ۴ | کهیر | کهیر | پوزک | ۴۶-۱۱-۶۰ | ۱۴-۵۶-۲۵ | ۲۰۰ | ۱۳۶۳ | ۲۶۰۹ | * | * | | تعطیل |
| ۵ | کهیر | نیکشهر | جلائی کلگ | ۴۵-۱۰-۶۰ | ۵۱-۰۹-۲۶ | ۳۹۰ | ۱۳۸۱ | ۱۳۵۳ | * | * | * | |
| ۶ | نیکشهر | سرحه | تخت ملک | ۲۸-۰۱-۶۰ | ۳۰-۲۷-۲۶ | ۸۲۵ | ۱۳۷۶ | ۱۶۷/۸ | * | * | * | |
| ۷ | سرگان | سرگان | سرگان | ۱۵-۲۱-۶۰ | ۵۰-۳۰-۲۵ | ۹ | ۱۳۶۵ | ۵۳۳/۶ | * | * | * | تعطیل |
| ۸ | باهوکلات | باهوکلات | باهوکلات | ۱۸-۲۵-۶۱ | ۱۳-۴۳-۲۵ | ۶۲ | ۱۳۳۸ | ۸۹۱۰ | * | * | * | |
| ۹ | کاجو | کاجو | پیرسهراب | ۱۶-۵۲-۶۰ | ۰۷-۴۵-۲۵ | ۵۷ | ۱۳۵۲ | ۵۸۳۰ | * | * | * | |
| ۱۰ | باهوکلات | گرگرو | پل گرگرو | ۱۴-۶۱ | ۳۴-۲۵ | ۲۵ | ۱۳۶۲ | ۱۹۶۵ | * | * | | تعطیل |
| ۱۱ | کاجو | کاجو | زیردان | ۲۵-۳۵-۶۰ | ۱۵-۵۵-۲۵ | ۱۸۰ | ۱۳۶۳ | ۴۶۹۲ | * | * | | تعطیل |
| ۱۲ | کاجو | کاجو | قصرقند | ۲۲-۳۳-۶۰ | ۱۶-۱۰-۲۶ | ۳۷۲ | ۱۳۳۸ | ۳۷۵۰ | * | * | | |
| ۱۳ | باهو | سرباز | پیشین (پایین- دست سد) | ۱۴-۳۶-۶۱ | ۰۹-۰۶-۲۶ | ۲۰۰ | ۱۳۵۱ | ۶۸۵۰ | * | * | * | تعطیل |
| ۱۴ | باهو | سرباز | پیشین(بالادست سد) | ۱۶-۳۶-۶۱ | ۱۲-۰۶-۲۶ | ۲۵۷ | ۱۳۷۴ | ۶۸۵۰ | * | * | * | |
| ۱۵ | سرباز | سرباز | پیردان | ۱۹-۱۳-۶۱ | ۱۵-۳۳-۲۶ | ۷۷۸ | ۱۳۵۲ | ۲۴۲۰ | * | * | * | |
| ۱۶ | سرباز | منزن کائور | سرباز (کجدر) | ۱۵-۶۱ | ۳۸-۲۶ | ۸۷۰ | ۱۳۴۰ | ۲۱۹۳ | * | * | | تعطیل |
| ۱۷ | نهنگ | نهنگ | رحیم آباد | ۳۸-۱۹-۶۲ | ۵۲-۳۱-۲۶ | ۵۲۵ | ۱۳۸۱ | ۵۰۲۹ | * | * | * | |
| ۱۸ | فنوج | فنوج | فنوج | ۲۱-۳۸-۵۹ | ۱۲-۳۳-۲۶ | ۶۷۶ | ۱۳۸۷ | ۱۰۶۰ | * | * | * | |

پارامترهای آماری بارندگی ماهانه در ایستگاه پیشین، در دوره آماری ۴۵ ساله در جدول ۲ مشاهده می‌گردد که در این مقاله از آمار متوسط بارندگی استفاده شده است (مطالعات بهنگام‌سازی بیلان آبی حوضه آبریز بلوچستان جنوبی، هواشناسی، ۱۳۹۰).

**جدول ۲: آمار بارندگی سالانه ایستگاه پیشین.** *منبع: مطالعات بهنگام‌سازی بیلان آبی حوضه آبریز بلوچستان جنوبی، هواشناسی ، ۱۳۹۰*

| ماه | حداکثر بارش (mm) | حداقل بارش (mm) | متوسط بارش (mm) | درصد نسبت به کل سال |
|---|---|---|---|---|
| مهر | ۶۱ | ۰ | ۳/۴ | ۲/۶ |
| آبان | ۹۲ | ۰ | ۶/۳ | ۴/۸ |
| آذر | ۱۱۱ | ۰ | ۱۴/۲ | ۱۰/۸ |
| دی | ۷۳/۷ | ۰ | ۱۹/۴ | ۱۴/۷ |
| بهمن | ۲۵۴ | ۰ | ۳۴/۳ | ۲۶/۱ |
| اسفند | ۱۰۷ | ۰ | ۲۰/۹ | ۱۵/۹ |
| فروردین | ۱۶۶ | ۰ | ۱۲/۹ | ۹/۸ |
| اردیبهشت | ۲۳/۵ | ۰ | ۲/۳ | ۱/۷ |
| خرداد | ۱۰۷/۷ | ۰ | ۶/۶ | ۵ |
| تیر | ۵۲ | ۰ | ۵ | ۳/۸ |
| مرداد | ۵۳ | ۰ | ۴/۶ | ۳/۵ |
| شهریور | ۲۸ | ۰ | ۱/۴ | ۱/۱ |
| سالانه | ۲۵۴ | ۰ | ۱۳۱/۴ | ۱۰۰ |

آمار تبخیر و تعرق ماهانه مربوط به ایستگاه تبخیرسنجی پیشین با متوسط تبخیر سالانه برابر ۳۴۹۱/۲ میلی‌متر در جدول ۳ مشاهده می‌شود (مطالعات بهنگام‌سازی بیلان آبی حوضه آبریز بلوچستان جنوبی، هواشناسی، ۱۳۹۰).

در محل سد پیشین، میزان تبخیر از سطح آزاد آب معادل ۲۲۵۷ میلی‌متر برآورد می‌شود. بیشترین میزان تبخیر از سطح آزاد آب مقدار ۲۵۳ میلی‌متر مربوط به تیر ماه است. در جدول ۴ توزیع ماهانه تبخیر از سطح آزاد آب در محدوده طرح نشان داده شده است (مطالعات بهنگام‌سازی بیلان آبی حوضه آبریز بلوچستان جنوبی، هواشناسی، ۱۳۹۰).

**جدول ۳: تبخیر ماهانه و درصد متناظر آن در ایستگاه مورد مطالعه (میلیمتر).** *منبع: مطالعات بهنگام‌سازی بیلان آبی حوضه آبریز بلوچستان جنوبی، هواشناسی ، ۱۳۹۰*

| ماه | تبخیر ماهانه | درصد متناظر |
|---|---|---|
| مهر | ۳۰۱/۶ | ۸/۶ |
| آبان | ۲۲۱/۳ | ۶/۳ |
| آذر | ۱۴۴/۹ | ۴/۱ |
| دی | ۱۳۱/۶ | ۳/۸ |
| بهمن | ۱۵۸/۶ | ۴/۵ |
| اسفند | ۲۱۶/۲ | ۶/۲ |
| فروردین | ۳۴۵/۵ | ۹/۹ |
| اردیبهشت | ۴۴۳/۲ | ۱۲/۷ |
| خرداد | ۴۵۸/۲ | ۱۳/۱ |
| تیر | ۴۰۶/۵ | ۱۱/۶ |
| مرداد | ۳۴۳/۵ | ۹/۸ |
| شهریور | ۳۲۰/۳ | ۹/۲ |
| سالانه | ۳۴۹۱/۲ | ۱۰۰ |

**جدول ۴: توزیع ماهانه تبخیر از سطح آزاد آب در محل سد پیشین.** *منبع: مطالعات بهنگام‌سازی بیلان آبی حوضه آبریز بلوچستان جنوبی، هواشناسی، ۱۳۹۰*

| مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۹۳/۸ | ۱۵۲/۴ | ۱۱۶/۴ | ۱۱۸/۵ | ۱۳۰/۸ | ۱۶۰/۱ | ۲۰۷/۶ | ۲۴۳/۱ | ۲۴۳/۷ | ۲۵۳/۶ | ۲۲۵/۹ | ۲۱۱/۳ |

## بررسی اثر تغییر اقلیم با کمک مدل LARS -WG

برای پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم، از پنج مدل گردش عمومی جو و دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد. دو سناریوی خط سیر غلظت RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب حالت حد وسط و حالت بدبینانه انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشند. پنج مدل اقلیمی که در این پژوهش از آنها استفاده شد، عبارتند از MPI-ESM-MR، EC-EARTH، MIROC5، HadGEM2-ES و GFDL-CM3 که در هر دو سناریو مورد بررسی قرار گرفتند. در جدول ۵ نتایج میانگین دما در دو سناریوی مورد بررسی را نشان داده شده است. نتایج بیانگر کاهش تغییرات دمایی ناچیز تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 (به ترتیب ۰/۳۵ و ۰/۱۵) در دوره زمانی بیست ساله شبیه‌سازی‌شده (۲۰۲۳-۲۰۴۳) می‌باشد.

**جدول۵: بررسی اثر تغییر اقلیم بر دمای منطقه حفاظت‌شده تمساح پوزه کوتاه مردابی**

| | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **دوره پایه** | ۲۴/۳ | ۲۱/۶ | ۲۰/۵ | ۲۱/۴ | ۲۳/۹۵ | ۲۶/۷۵ | ۲۹/۵۵ | ۳۰/۸۵ | ۳۰/۳ | ۲۹/۲ | ۲۸/۷۵ | ۲۷/۰۵ |
| **تحت سناریو ۴/۵** | ۲۳/۶۵ | ۲۱/۳ | ۲۰/۳ | ۲۱/۷ | ۲۳/۹ | ۲۶/۸۵ | ۲۹/۲۵ | ۳۰/۶ | ۲۹/۸۵ | ۲۸/۴ | ۲۷/۸۵ | ۲۶/۰۵ |
| **تحت سناریو ۸/۵** | ۲۳/۸۵ | ۲۱/۴۵ | ۲۰/۴ | ۲۱/۸ | ۲۴/۱ | ۲۷/۰ | ۲۹/۳۰ | ۳۰/۶ | ۳۰ | ۲۸/۷ | ۲۸/۱ | ۲۶/۴ |

تغییرات بارش در هر دو سناریوی مورد بررسی در این پژوهش، در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج داده‌های تغییر اقلیم برای مدل‌های مورد بررسی در این پژوهش، برای هر دو سناریوی اقلیمی افزایش بارش را نشان داد. میزان افزایش بارش برای دو سناریوی اقلیمی RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب ۲۷/۵ و ۲۳/۵ میلی‌متر محاسبه شد. به‌طورکلی، بارش در منطقه مورد مطالعه حدود ۲۱ درصد افزایش خواهد یافت.

**جدول۶: بررسی اثر تغییر اقلیم بر بارش منطقه حفاظت‌شده تمساح پوزه کوتاه مردابی**

| | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **دوره پایه** | ۱۴/۱ | ۱۸/۸ | ۲۱/۳ | ۲۱/۵ | ۱۷/۷ | ۵/۸ | ۳/۷ | ۱/۳ | ۳/۵ | ۴/۷ | ۰/۱ | ۸/۳ |
| **تحت سناریو RCP4.5** | ۲۲/۷ | ۳۹/۸ | ۲۲/۳ | ۱۵/۲ | ۲۴/۳ | ۲/۶ | ۲ | ۱ | ۰/۶ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۱۳/۴ |
| **تحت سناریو RCP8.5** | ۲۱/۲ | ۴۱ | ۲۶/۳ | ۱۷ | ۲۴/۸ | ۲/۷ | ۲/۲ | ۱ | ۰/۶ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۱۱/۵ |

**سایت‌های نیاز**

سایت‌های نیاز در منطقه موردمطالعه (شکل ۲) شامل نیاز آبی شرب شهری و روستایی، نیاز آبی صنعت، نیاز آبی محیط‌زیستی و نیاز آبی کشاورزی می‌باشد. داده‌هایی که برای ورودی برای سایت شهری و روستایی نیاز است، عبارت‌اند از: جمعیت ساکن در سال پایه برای مناطق شهری و روستایی، سرانه مصرف آب هر فرد به‌صورت سالیانه، درصد نیاز آب ماهانه، راندمان مصرف، درصد تلفات، نحوه تأمین از منابع و مقدار آب برگشتی به سیستم. نیاز آب شرب از مخزن سد پیشین مربوط به نیاز آبی مناطق پایین‌دست سد به‌خصوص نیاز آب شرب شهر چابهار است. نیاز آبی سرانه معادل ۷۳/۸ لیتر در روز برای هر نفر در شهر چابهار می‌باشد (گزارش مطالعات برنامه‌ریزی مرکز تحقیقات منابع آب استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۵). در بخش صنعت، اطلاعات ورودی به سیستم شامل میزان تولید و نیاز آبی به‌صورت ماهانه، راندمان مصرف، تلفات آب در این بخش و مکان‌های تأمین آب است. در بخش محیط‌زیست اطلاعات مربوط به میزان نیاز آبی به‌صورت ماهانه و محل‌های تامین آب به مدل وارد گردید. در سایت کشاورزی الگوی کشت گیاهان و سطح زیرکشت مربوط به هرکدام، نیاز ماهانه آبی الگوی کشت، راندمان مصرف، درصد تلفات و چگونگی تأمین از منابع به‌عنوان اطلاعات ورودی تعریف شدند.

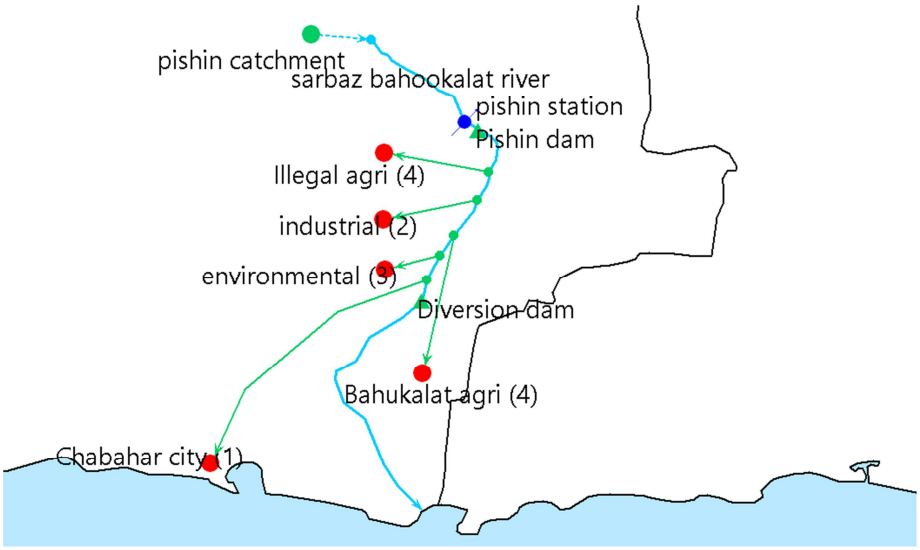
برای الگوهای کشت درنظر گرفته‌شده شامل غلات، یونجه، مرکبات، سبزیجات و صیفی‌جات جدول ۷ توزیع ماهیانه نیاز آبی را در منطقه مورد بررسی، بر حسب متر مکعب در هکتار نشان می‌دهد (سینایی و همکاران، ۱۳۹۸).

**جدول۷: توزیع ماهیانه نیاز آبی در اراضی پایاب سد مخزنی پیشین (مترمکعب در هکتار).** *منبع: سینایی و همکاران، ۱۳۹۸*

| مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | سالانه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۲۲۱/۵ | ۷۶۹/۷ | ۳۳۲/۲ | ۲۶۱/۳ | ۵۸۳/۲ | ۱۰۷۰/۱ | ۱۵۸۶/۲ | ۱۴۰۹/۱ | ۱۱۴۴/۵ | ۸۹۹/۷ | ۱۳۸۹/۲ | ۱۵۴۳/۹ | ۱۲۲۱۰/۴ |

آب برگشتی در هریک از بخش‌های نیاز با تعیین میزان آبی که در هر بخش به‌صورت واقعی مصرف می‌شود و حتی به شکل فاضلاب هم به محیط برنمی‌گردد، تعیین می‌شود. این مقدار آب از کل آب واردشده به هر بخش کسر و میزان آب برگشتی به‌دست می‌آید. با توجه به میزان تلفات و عدم بازگشت آب به منبع ، هیچ مقداری برای آب برگشتی بخش‌های شرب، صنعت، زیست‌محیطی و کشاورزی، به سیستم درنظر گرفته نشد.

منابع تأمین آب شامل آب‌های سطحی نظیر رواناب حاصل از بارش رودخانه باهوکلات، آب رهاشده از سد پیشین و بند شیرگواز می‌باشد. اطلاعات این قسمت از اطلاعات آبدهی ماهانه ایستگاه‌های هیدرومتری فعال در منطقه به‌دست می‌آید. به دلیل تامین نیاز آبی کشاورزی منطقه از بند شیر گواز و غیر مجاز بودن حفر چاه در منطقه و افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی، از ورود اطلاعات این قسمت به نرم‌افزار WEAP، صرف‌نظر شد.




**شکل۲: شماتیک منطقه مورد مطالعه در نرم‌افزار WEAP**

اولویت نیاز، تعیین‌کننده سطح اولویت تخصیص یک منبع محدود به چندین نقطه نیاز است. نرم‌افزارWEAP ابتدا کل نیاز مناطق با اولویت نیاز بیشتر را تأمین و پس از آن اولویت‌های پایین‌تر را تامین می‌کند. بر اساس مجوزهای تخصیص آب وزارت کشور، بالاترین میزان اهمیت مربوط به تأمین نیاز آب شرب در هر منطقه است. بنابراین تأمین نیاز تقاضای آب شرب اولویت نخست، بخش صنعت اولویت دوم، محیط‌زیست اولویت سوم و در نهایت تامین نیاز بخش کشاورزی اولویت چهارم درنظر گرفته شد. تقاضای ماهیانه سایت‌های نیاز در جدول ۸ آورده شده است.

**جدول۸: تقاضای آبی ماهانه بخش‌های تقاضا منطقه مورد مطالعه (میلیون متر مکعب)**

| | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | جمع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آب شرب | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱۸/۰ |
| صنعت | ۲/۵ | ۲/۵ | ۲/۵ | ۲/۵ | ۲/۵ | ۲/۸ | ۳/۰ | ۳/۵ | ۳/۵ | ۳/۸ | ۳/۸ | ۲/۵ | ۳۵/۴ |
| محیط زیستی | ۰/۲ | ۱/۱ | ۰/۸ | ۱/۱ | ۳/۲ | ۲/۷ | ۲/۲ | ۰/۹ | ۰/۵ | ۱/۸ | ۱/۷ | ۰/۵ | ۱۶/۶ |
| کشاورزی | ۷/۳ | ۴/۶ | ۲/۰ | ۱/۶ | ۳/.۵ | ۶/۴ | ۹/۵ | ۸/۵ | ۶/۹ | ۵/۴ | ۸/۳ | ۹/۳ | ۷۳/۳ |
| کشاورزی غیر مجاز | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱۴/۷ |

## روش پژوهش

سال پایه در این پژوهش، سال آبی ۱۳۹۶-۱۳۹۵درنظر گرفته شده است. انتخاب این سال آبی به‌عنوان سال پایه، به دلیل وجود اطلاعات و آمار مناسب از وضعیت منطقه تحت مطالعه در این سال می‌باشد. برای تعیین میزان آب قابل-تخصیص بین محل‌های مصرف با توجه به مقادیر آب قابل‌استحصال از منابع آب در منطقه، محل‌های مصرف و

مقادیر نیاز آبی در آن‌ها و همچنین منابع آبی تأمین‌کننده نیازها مشخص شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار WEAP شبیه‌سازی شده‌اند. پس از ورود اطلاعات لازم به مدل، شبیه‌سازی منطقه در سال پایه انجام می‌شود. واسنجی مدل به روش دستی و استفاده از آزمون و خطا انجام شد. پارامتری که جهت کالیبراسیون مدل مورد بررسی قرار گرفت، داده‌های مشاهداتی ایستگاه هیدرومتری باهوکلات می‌باشد. برای شبیه‌سازی منطقه در سال پایه، به روش آزمون و خطا مقادیر آب شرب، کشاورزی و صنعت به قدری تعدیل شدند که مقادیر مشاهداتی و مقادیر محاسبه‌شده توسط مدل از انطباق لازم برخوردار باشند.

**تدوین سناریوهای مدیریت منابع آب**

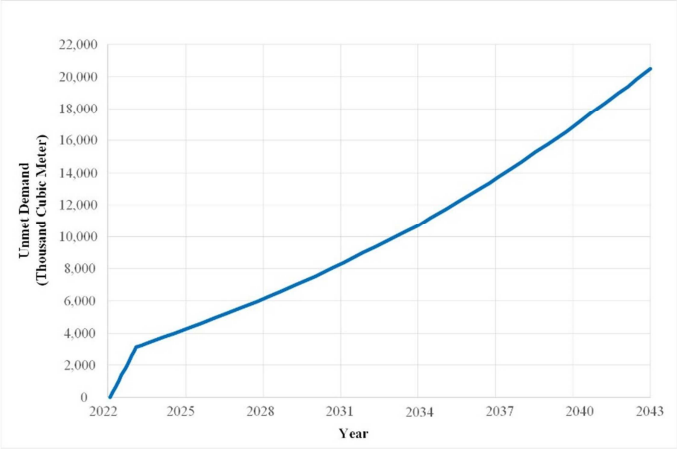
در راستای پیش‌نمایی شرایط آینده منطقه ازلحاظ وضعیت منابع آب تحت سناریوهای اقلیمی RCP4.5 و RCP8.5، سناریوهای مختلف مدیریتی تدوین و تأثیر این سناریوها بر وضعیت منابع آب موجود در شرایط تغییر اقلیم موردبررسی قرار می‌گیرد. سناریوها باید ضمن اینکه منطقی و قابل‌اجرا باشند، با شرایط منطقه موردمطالعه هم تطابق کافی را داشته باشند. سناریوها، مجموعه‌ای از فرضیه‌های مختلف در مورد شرایط آینده و پارامترهایی که بر منابع و مصارف اثرگذارند، می‌باشد. دوره‌ی زمانی مورد بررسی در این پژوهش از سال ۲۰۲۳ تا ۲۰۴۳ می‌باشد. با توجه به نزدیک بودن مقادیر نیاز تامین‌نشده در دو سناریوی اقلیمی RCP4.5 و RCP8.5، از میانگین نتایج این دو سناریو برای بررسی اثر تغییر اقلیم استفاده شد. خلاصه خصوصیت‌های سناریوهای مدیریتی تدوین‌شده در جدول ۹ قید شده است.

**جدول ۹: خلاصه مشخصات سناریوهای مدیریتی تحت تاثیر اقلیم**

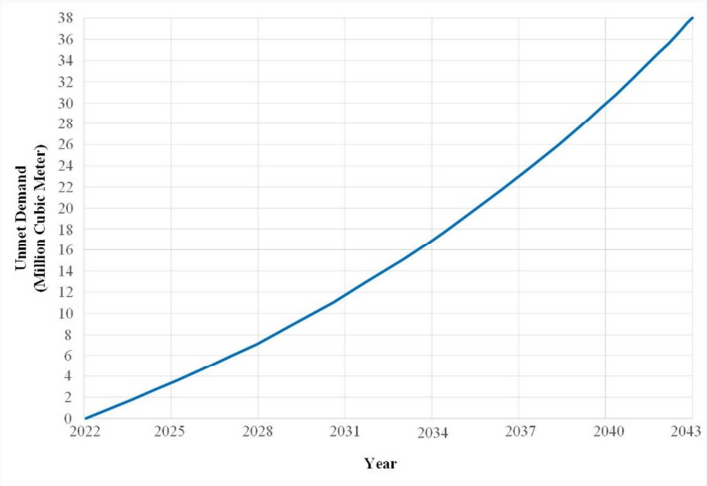
| سناریوها | مشخصات |
|---|---|
| **سناریوی مرجع** | تقاضای شرب و کشاورزی و صنعت |
| **سناریوی افزایش نرخ رشد جمعیت** | افزایش نرخ رشد جمعیت از ۱/۰۵ تا ۴ |
| **سناریوی افزایش نیاز آب کشاورزی** | افزایش سطح زیرکشت نیاز کشاورزی منطقه تا ۱۰درصد |
| **سناریوی توسعه صنعت** | توسعه ۵ درصدی سالانه صنایع منطقه مورد پژوهش |
| **سناریوی افزایش سطح زیر کشت در کشاورزی غیر مجاز** | افزایش سطح زیر کشت غیر مجاز به میزان ۱۰ درصد |
| **سناریو تامین نیاز آبی و ابقاء محیط‌زیست تمساح پوزه کوتاه مردابی** | افزایش سالانه یک درصدی نیاز آبی جهت افزایش جمعیت تمساح پوزه کوتاه مردابی |
| **سناریوی حذف هدر رفت آب و استفاده مجدد آب** | حذف ۱۰ درصد از هدر رفت آب و اعمال افزایش ۲۰ درصدی استفاده مجدد آب در مصارف زیست‌محیطی |
| **سناریوی مدیریت تقاضا** | اعمال کاهش عرضه برای تمامی مصارف به میزان ۱۰ درصد |

## یافته‌های پژوهش

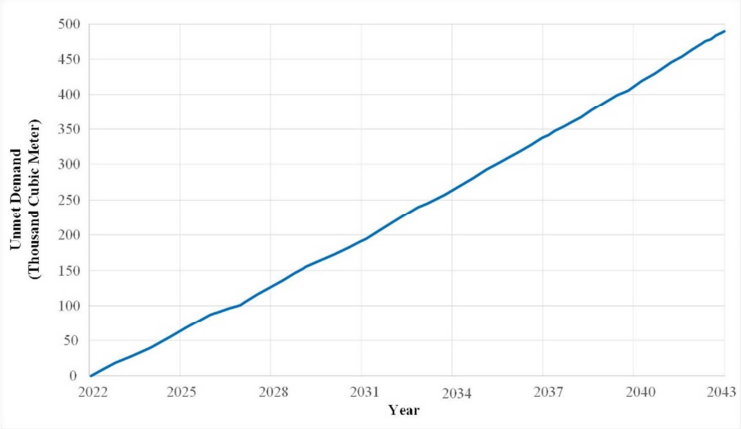
طبق فرضیه‌های درنظر گرفته‌شده در این پژوهش، مقادیر نیاز آبی تامین‌نشده منطقه، در سال شروع طرح و در شرایط فعلی حدود ۲۷/۷۵ میلیون مترمکعب بوده که هرگونه افزایش احتمالی در جمعیت انسانی و توسعه صنعت به لحاظ شرایط ایجادشده در منطقه از لحاظ ژئوپلتیکی، اقتصادی و اجتماعی، به‌طور حتم افزایش تنش آبی به‌دنبال خواهد داشت. چنانچه مطابق شکل ۳، در سناریو رشد جمعیت در پایان دوره بیست‌ساله مورد مطالعه ۲۱ میلیون مترمکعب و مطابق شکل ۴، در سناریو رشد صنعت، ۳۸ میلیون متر مکعب به مقدار تقاضای تامین‌نشده این بخش نسبت به سناریو مرجع افزوده خواهد شد. در شکل ۵، تقاضای آبی زیست‌محیطی تمساح پوزه کوتاه مردابی تا میزان ۵۰۰ هزار مترمکعب در پایان دوره افزایش نشان داده است.




**شکل۳: نیاز تامین‌نشده بر اساس سناریوی افزایش نرخ رشد جمعیت**

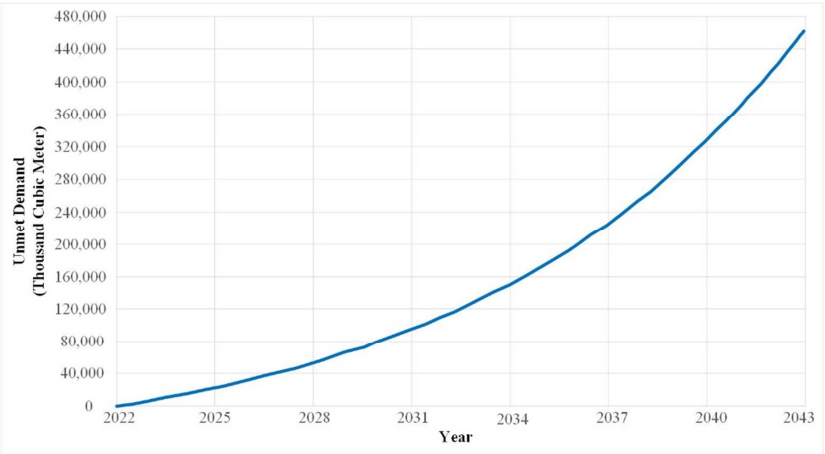



**شکل۴: نیاز تامین‌نشده بر اساس سناریوی رشد صنعت**

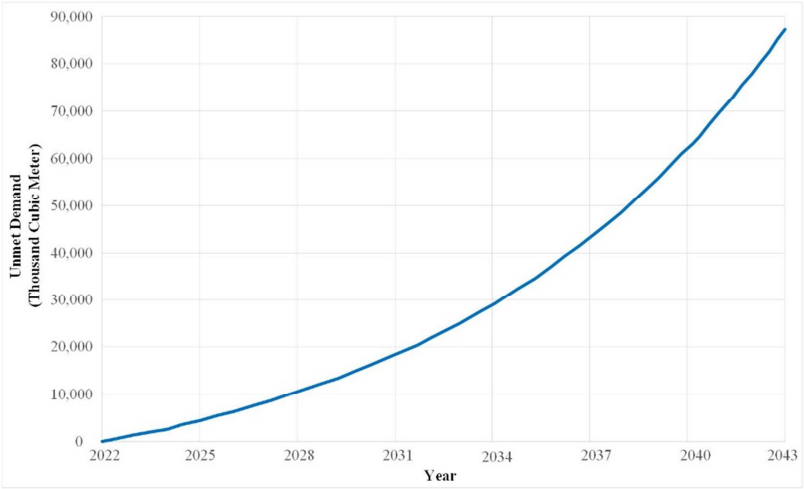



**شکل۵: نیاز تامین‌نشده بر اساس سناریوی تامین نیاز آبی و ابقاء محیط‌زیست تمساح پوزه کوتاه مردابی**

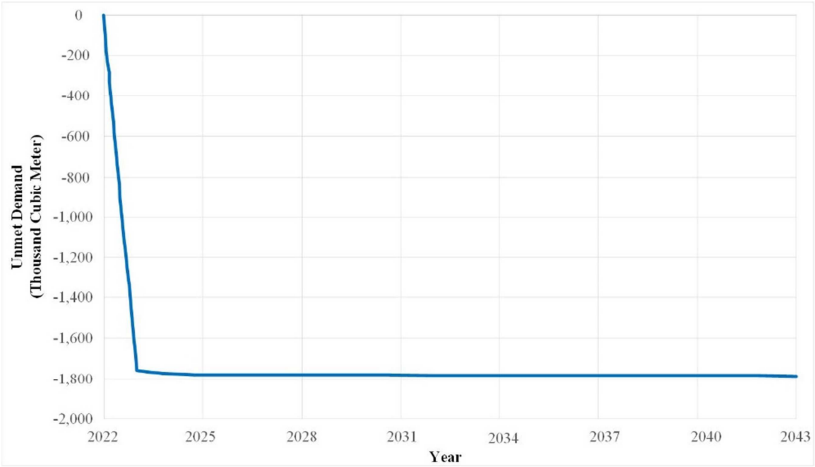
مطابق شکل‌های (۶ و ۷)، سناریوهای افزایش بخش کشاورزی مجاز و غیرمجاز به ترتیب رشد ۴۶۰ میلیون مترمکعب و ۹۰ میلیون مترمکعب نسبت به سناریو مرجع نشان دادند. در صورت حذف هدررفت آب تا میزان ۱/۸ میلیون مترمکعب نسبت به سناریو مرجع، مطابق شکل ۸ و با مدیریت و کنترل تقاضا در بخش‌های مختلف تا ۲ میلیون مترمکعب (شکل ۹)، کاهش تقاضا نسبت به سناریوی مرجع در پایان دوره مورد مطالعه مشاهده می‌شود.



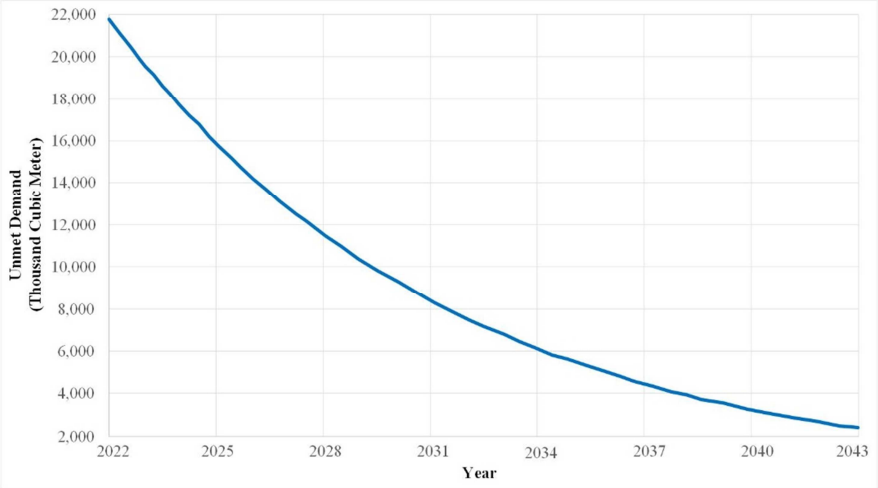

**شکل۶: نیاز تامین‌نشده بر اساس سناریوی افزایش بخش کشاورزی مجاز**




**شکل۷: نیاز تامین‌نشده بر اساس سناریوی افزایش بخش کشاورزی غیرمجاز**




**شکل۸: نیاز تامین‌نشده بر اساس سناریوی حذف هدررفت آب و استفاده مجدد آب**




**شکل۹: نیاز تامین‌نشده بر اساس سناریوی مدیریت تقاضا**

## نتایج و بحث

با اعمال تغییراتی که در سناریوی مرجع و تحت تاثیر تغییرات اقلیمی انجام شد (نرخ ۴ درصدی رشد جمعیت، افزایش ۵ درصدی سالانه در بخش صنعت و اضافه شدن سطح زیر کشت در بخش کشاورزی مجاز و غیرمجاز به میزان ۱۰ درصد)، در میزان نیازها تغییرات عمده‌ای به‌وجود آمد. با توجه به اینکه با افزایش جمعیت، سطح زیر کشت هم هرساله افزایش می‌یابد؛ بنابراین مقادیر نیاز آب در بخش کشاورزی با توجه به سناریوی سال پایه افزایش یافته و هرساله برشدت آن افزوده می‌شود. در سناریوی رشد جمعیت، نیاز به خدمات و رفاه با توجه به افزایش کیفیت زندگی و تلاش برای ساختن زندگی بهتر، نسبت به سناریو مرجع از حدود ۳ میلیون مترمکعب در سال شروع طرح به میزان ۲۱ میلیون متر مکعب در انتهای طرح می‌رسد. در واقع این سناریو با نیاز شرب و بهداشت رابطه تنگاتنگی داشته و معمولاً در بحث مدیریت منابع آب از نظر پنهان می‌ماند که می‌بایست مصرف این بخش هم با سیاست‌های صحیح و اصولی تعدیل گردد. در مقایسه نتیجه این پژوهش با پیشینه پژوهش‌ها و به‌طور نمونه، می‌توان یادآور شد که در پژوهش موسوی (۱۳۹۵) که به ارزیابی مدیریت منابع حوضه بلوچستان جنوبی با هدف درنظرگرفتن نیاز آبی محیط زیستی پرداخته بود، اثرات تغییر اقلیم لحاظ نشد؛ اما در این مطالعه اثرات تغییر اقلیم نیز درنظر گرفته شد.

در بخش مصارف صنعتی هم باید این نکته را مدنظر داشت که افزایش ۱ درصدی مصرف این بخش در سال پایه و سناریوی مرجع، نیاز این بخش را هم با افزایش شدید مواجه کرده است. بدون شک سیاست‌های اشتباه مدیریتی، محاسباتی و زیرساختی در افزایش شدید این نیاز نقش اساسی دارد. احداث و توسعه صنایع سنگین و آب‌بری چون سیمان و پتروشیمی که باهدف ایجاد اشتغال و توسعه پایدار ایجاد شده، نمونه‌ای از این سیاست‌هاست. به‌نظر می‌رسد آثار مخرب این صنایع بر محیط‌زیست و منابع آب بررسی نشده است. در گزارش بررسی زیستگاه تمساح پوزه کوتاه تالابی که توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست منتشر شده نیز به اثرات سوء برداشت بی‌رویه آب، وجود آلاینده‌های

شیمیایی مانند آفت‌کش‌ها و روغن موتور در آب رودخانه، اشاره شده است. همچنین، مبارکی و همکاران (۱۳۹۷) عنوان کردند اگرچه ساخت سد موجب افزایش احتمال تامین منابع غذایی برای تمساح مردابی شده؛ ولی کاهش محل‌های مناسب تخم‌گذاری و تولیدمثل را در بر دارند. آنها، ساخت سد پیشین را موجب خشک شدن رودخانه باهوکلات و مهاجرت و حمله این جانور به افراد روستایی و به‌عنوان یک تهدید برای این گونه جانوری عنوان نمودند.

## نتیجه‌گیری

پراکنش تمساح پوزه کوتاه مردابی در ایران در حوزه شهرستان سرباز شروع شده و در مسیر رودخانه باهوکلات ادامه یافته و به برکه کلانی در نزدیکی خور باهو ختم می‌شود. بخش دیگری از جمعیت این گونه نیز در مسیر رودخانه کاجو است که تا بخش‌هایی از حوزه شهرستان نیکشهر و بالادست سد زیردان ادامه دارد. تغییر اقلیم و به تبع آن تغییرات آب و هوایی، شرایط زندگی تمساح پوزه کوتاه مردابی در محیط‌های آبی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. علاوه بر تغییر در چرخه آب، رشد جمعیت، توسعه بدون مطالعه اراضی کشاورزی، گسترش روزافزون صنایع، توزیع نامتعادل زمانی و مکانی آب شیرین به لحاظ کمی و کیفی، تأمین پایدار آب سالم را به یک مشکل اساسی مسئله در این منطقه تبدیل نموده است. بنابراین مدیریت و برنامه‌ریزی جهت تخصیص میزان آب قابل‌دسترس، یکی از مهم‌ترین اقدامات حفظ اکوسیستم منطقه در شرایط کمبود منابع آب می‌باشد که در این پژوهش به آن پرداخته شده است.

با اعمال خصوصیت‌های فیزیکی و آب‌شناسی حوضه رودخانه سرباز در دو نرم‌افزار LARS و WEAP، اثر تغییر اقلیم و اعمال سناریوهای مدیریت مصرف آب، بر منطقه حفاظت‌شده‌ی تمساح پوزه کوتاه مردابی مورد بحث و تحلیل قرار گرفت. تحلیل نتایج نشان داد که روند کنونی طبیعت فاصله چندانی تا نتایج سناریوهای بررسی‌شده ندارد و چنانچه برای حذف یا کاهش اثرات نامطلوب پیش‌بینی‌شده در این پژوهش راه‌کاری نه موقت، بلکه دائم درنظر گرفته نشود، با مشکلات و پیچیدگی‌های زیادی در بخش تأمین نیازها روبرو خواهیم شد. به جهت حفظ اکوسیستم منطقه و کاهش مخاطرات طبیعی، بررسی محصولات زراعی جایگزین با مصرف آب کمتر و بازده اقتصادی بیشتر در منطقه، جلب مشارکت‌های مردمی و کشاورزان و سیاست‌های تشویقی در جهت جایگزینی کشاورزی غیرمجاز با مزارع پرورش تمساح پوزه کوتاه مردابی، احتیاط در ایجاد و توسعه صنایعی همچون پتروشیمی و فولاد و سیمان به جهت حفظ اکوسیستم منطقه، آگاهی مستمر از وضعیت ایستگاه‌ها و کمبودهای آنها توصیه می‌شود.

## منابع

بهروزی راد، بهروز؛ آبتین، الهام؛ همتی، تورج؛ محمدی، حسین؛ عرفانی، ملیحه. (۱۳۸۸). بررسی زیستگاه تمساح مردابی ( Crocodylus palustris) در طول رودخانه سرباز در استان سیستان و بلوچستان به منظور تعیین مطلوبیت زیستگاه (HSI). فصلنامه محیط‌زیست جانوری، ۱(۴)، ۱-۸.

خوشنودی فر، زهرا؛ غنجی، مستانه؛ سوختانلو، مجتبی. (۱۴۰۱). ارزیابی میزان آسیب‌پذیری بهره‌برداران از خشکسالی و تحلیل مؤلفه‌های تبیین‌کننده مدیریت بحران خشکسالی (مطالعه موردی: استان سیستان و بلوچستان). نشریه مخاطرات محیط طبیعی. ۱۱(۳۳)، ۱۳۵-۱۵۴.

زهرائی، اکبر؛ حسینی، سید اسعد. (۱۳۹۹). تغییرات اقلیم و اثرات آن بر منابع آب. ایلام، انتشارات هاوار.

سازمان حفاظت محیط‌زیست. دفتر حفاظت و مدیریت حیات‌وحش. (۱۳۹۴). گزارش بررسی زیستگاه تمساح پوزه کوتاه تالابی.
سازمان حفاظت محیط‌زیست. دفتر حفاظت و مدیریت حیات‌وحش. (۱۳۹۴). گزارش سرشماری جمعیت تمساح پوزه کوتاه مردابی.
سعیدی‌نیا، مهری؛ صمدی بروجنی، حسین؛ فتاحی، روح الله. (۱۳۸۷). بررسی طرح‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای با استفاده از مدل شبیه-ساز WEAP، مطالعه موردی: تونل بهشت‌آباد. مجله پژوهش آب ایران، ۲(۳)، ۳۳-۴۴.
سینایی، محمود؛ حسینی، اشرفعلی؛ بلوکی، مهدی. (۱۳۹۶). اولین گزارش شناسایی جوامع پلانکتونی رودخانه سرباز در استان سیستان و بلوچستان. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست ، ۱۹(۴)، ۶۱۷-۶۲۸.
سینایی، محمود؛ حسینی، اشرفعلی؛ دلیر، سمانه. (۱۳۹۸). ارزش‌گذاری اقتصادی کارکردهای مصرفی (مستقیم و غیرمستقیم) منابع محیط زیستی تالاب بین‌المللی خلیج گواتر و خور باهو. فصلنامه محیط‌زیست جانوری، ۱۱(۳)، ۲۹۳-۳۰۲.
صفوی، حمیدرضا؛ شیشه‌فروش، منصور. (۱۳۹۲). ضرورت مدیریت یکپارچه منابع آب در جهت مقابله با بحران آب، اولین همایش ملی بحران آب.
گازرانی، حامد. (۱۳۸۹). کاربرد زیرسامانه تحلیل سیستم WEAP در سیستم‌های پشتیبانی تصمیم، (مطالعه موردی: قسمتی از حوضه کشف رود). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد.
گزارش مطالعات برنامه‌ریزی مرکز تحقیقات منابع آب استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۵.
فرزانه، مهسا؛ ملبوسی، شراره؛ حمیدیان پور، محسن. (۱۴۰۱). پیش‌نگری متغیرهای اقلیمی استان سیستان و بلوچستان تحت شرایط سناریوهای واداشت تابشی RCP. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۵۱، ۱۲۹-۱۴۸.
مبارکی، اصغر؛ عرفانی، ملیحه؛ آبتین، الهام؛ عطایی، فرهاد. ارزیابی مطلوبیت زیستگاه تمساح مردابی ( Crocodylus palustris Lesson, 1831) به روش حداکثر بی‌نظمی. فصلنامه علوم محیطی، ۱۶(۴)، ۴۷-۶۲، ۱۳۹۷.
مهندسین مشاور آب کاوش سرزمین. (۱۳۹۰). مطالعات بهنگام‌سازی بیلان آبی حوضه آبریز بلوچستان جنوبی، آب‌های سطحی.
مهندسین مشاور آب کاوش سرزمین. (۱۳۹۰). مطالعات بهنگام‌سازی بیلان آبی حوضه آبریز بلوچستان جنوبی، هواشناسی.
موسوی، سپهر. (۱۳۹۵). مدیریت منابع آب حوضه بلوچستان جنوبی با هدف درنظرگرفتن نیاز آبی زیست‌محیطی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
یزدان‌پناه، طلا؛ خداشناس، سعیدرضا؛ داوری، کامران؛ قهرمان، بیژن. (۱۳۸۷). مدیریت منابع آب حوضه آبریز با استفاده از مدل WEAP، (مطالعه موردی: حوضه آبریز ازغند). نشریه علوم و صنایع کشاورزی، ۲۲(۱)، ۲۱۳-۲۲۱.
یوسفی سیاهکل‌رودی، سیامک؛ ایزدیان، منا. (۱۳۸۶). بررسی وضعیت تمساح پوزه کوتاه Palustris Crocodylus و زیستگاه آن در ایران. فصلنامه دانش زیستی ایران، ۲، ۵۵-۶۵.
Akivaga, E.M., Otieno, F.A.O., Kipkorir, E. C., Kibiiy, J., Shitote, S. (2010). Impact of introducing reserve flows on abstractive uses in water-stressed Catchment in Kenya: Application of WEAP21 model, International Journal of the Physical Sciences, 5 (16), 2441-2449.
IPCC ( Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013). From the report: AR5 Climate Change 2013: The Physical Science Basis. https://www.ipcc.ch
Nunez, S., Arets, E., Alkemade, R., Verwer, C., Leemans, R. (2019). Assessing the impacts of climate change on biodiversity: is below 2 °C enough? Climatic Change, 154, 351–365.
Sieber, J. (2005). Water Evaluation and Planning System (WEAP) tutorial", Stockholm Environment Institute.
Tsakiris, G.P., and Loucks, D.P. (2023). Adaptive Water Resources Management Under Climate Change: An Introduction, Water Resources Management, 37, 2221–2233.
Zhang, X., Xia, J. (2009). Coupling the hydrological and ecological process to implement sustainable water resources management in the Hanjiang River Basin. Science in China Series E: Technological Sciences, 52, 3240–3248.

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

## References

## References (in Persian)

Abkavosh Sarzamin Consulting Company. (2011). Updating of Water Balance in Southern Baluchestan Watershed, Surface Water. [In Persian]

Abkavosh Sarzamin Consulting Company. (2011). Updating of Water Balance in Southern Baluchestan Watershed, Meteorological. [In Persian]

Behrouzi-Rad, B., Abtin, E., Hemati, T., Mohammadi, H., Erfani, M. (2010). Survey of Mugger (Crocodylus palustris) habitat by using the Habitat Suitability Index (HIS) Method along Sarbaz River (Sistan & Baluchistan province). Journal of Animal Environmental, 1(4), 1-8. [In Persian]

Department of Environment, Islamic Republic of Iran. Wildlife Conservation and Management Office. (2015). Habitat Review Report of Crocodylus Palustris. [In Persion]

Department of Environment, Islamic Republic of Iran. Wildlife Conservation and Management Office. (2015). Population Survey Report of Crocodylus Palustris. [In Persion]

Farzaneh, M., Malboosi, Sh., Hamidianpour, M. (2022). Prediction of climatic variables in Sistan and Baluchestan province under the conditions of RCP radiation induction scenarios. Journal of climate research, 51, 148-129. [In Persian]

Gazerani, H. (2011). Application of the WEAP subsystem for the system analysis in a Decision Support System (Case Study: Part of Kashaf Rood Basin). MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian]

Khoshnodifar, Z., Ghonji, M., Sookhtanlou, M. (2022). Assessing the Vulnerability of Drought Beneficiaries and Analyzing the Components Explaining Drought Crisis Management (Case Study: Sistan and Baluchestan Province), 135-154, doi: 10.22111/JNEH.2022.38050.1783. [In Persian]

Mobaraki, A., Erfani, M., Abtin, E., Ataie, F. (2018). Assessing habitat suitability of the mugger crocodile using maximum entropy. Environmental Sciences Journal, 16(4), 47-62. [In Persian]

Mousavi, S. (2016). Water Resources Management of South Baluchistan Basin to consider Environmental Water Demand. MSc Thesis, University of Sistan and Baluchestan. [In Persian]

Saeedinia, M., Samady-Broujeni, H., Fattahi-Nafchi, R. (2008). Study of inter-basin water transfer projects by using WEAP model Case study: Behesht-Abad Tunnel. Iranian Water Research Journal, 2(3), 33-44. [In Persian]

Safavi, H., Shisheh foroush, M. (2013). Necessity of integrated management of water resources to deal with water crisis. First National Conference on Water Crisis, Islamic Azad University of Isfahan. [In Persian]

Siahkalroodi, Y., Izadiyan, M. (2007). Investigation of Crocodile Palustris Crocodylus and its Habitat in Iran. Iranian Journal of Biological Sciences, 2, 55-65. [In Persian]

Sinaei, M., Hosseini, A., Blooki, M. (2017). The first report on the identification of planktonic communities from the Sarbaz River in Sistan and Baluchestan Province. J. Env. Sci. Tech., 19(4), 617-628. [In Persian]

Report of planning studies of water resources research center of Sistan and Baluchestan province, 2006. [In Persian]

Sinaei, M., Hosseini, A., Dalir, S. (2019). Economic Valuation of utilization function (direct and indirect) of environmental resources of the international wetland of Gowater Bay and Bahu Embayment. Journal of Animal Environment, 11(3), 293-302. [In Persian]

Zahraei, A., Hosseini, A. (2020). Climate change and its effect on water resources. Ilam, Havar publisher. [In Persian]

Yazdanpanah, T., Khodashenas, S., Davari, K., Ghahraman, B. (2008). Water Resources Management of Catchment Area Using WEAP Model, Case Study: Azghand Basin. Agricultural Sciences and Technology Journal, 22(1), 213-221. [In Persian]

## References (in English)

Akivaga, E.M., Otieno, F.A.O., Kipkorir, E. C., Kibiiy, J., Shitote, S. (2010). Impact of introducing reserve flows on abstractive uses in water-stressed Catchment in Kenya: Application of WEAP21 model, International Journal of the Physical Sciences, 5 (16), 2441-2449.

IPCC ( Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013). From the report: AR5 Climate Change 2013: The Physical Science Basis. https://www.ipcc.ch

Nunez, S., Arets, E., Alkemade, R., Verwer, C., Leemans, R. (2019). Assessing the impacts of climate change on biodiversity: is below 2 °C enough? Climatic Change, 154, 351–365.

Sieber, J. (2005). Water Evaluation and Planning System (WEAP) tutorial", Stockholm Environment Institute.

Tsakiris, G.P., and Loucks, D.P. (2023). Adaptive Water Resources Management Under Climate Change: An Introduction, Water Resources Management, 37, 2221–2233.

Zhang, X., Xia, J. (2009). Coupling the hydrological and ecological process to implement sustainable water resources management in the Hanjiang River Basin. Science in China Series E: Technological Sciences, 52, 3240–3248.