Golestan University

Journal of the Climate Change Research

Scientific Journal of Golestan University
Vol. 5, No. 17, Spring 2024

Vulnerability Assessment of Ecosystem Services of Hamoun International Wetland to Climate Change

Roghayeh Karami[1*], Abdolali Rahdari[2], Saeideh Maleki[3]

[1] Assistant Professor, Department of Natural Ecosystem, Hamoun International Wetland Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran, Email: roghaye.karami@gmail.com
[2] Assistant Professor, Department of Aquatic science, Hamoun International Wetland Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran, Email: rahdari67@gmail.com
[3] Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: sahraa62@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-12-06
Accepted: 2024-1-21

Keywords:
Climate change
Ecological values
Hydrological values
Socio-economic values
Threats

ABSTRACT

Sustainable management of wetland ecosystems requires knowledge of the process of ecological, hydrological, economic and social changes of the wetland against environmental and human threats. In this research, the trend of changes and homogeneities of climatic variables of temperature and precipitation was investigated using homogeneity tests for the years 1984-2020 and their interaction with the amount of ecosystem services, threats and vulnerability of Hamoun International Wetland was evaluated; and management strategies were presented to reduce vulnerability. The homogeneity tests result showed that the climate has become dryer during 1984-2020 in Sistan region, so that the minimum and maximum temperatures have increased by 1.8°C and 0.95°C respectively, while precipitation has decreased by 27 mm (47%) over the years 1999 to 2020. which has impacted greatly ecosystem services in the Sistan region. Results of vulnerability assessment of the Hamoun wetlands according to Stratford et al., 2011 method, showed that climate change and drought, provision of wetland water rights, construction of dams and diversion of the water path in the upstream basin of the wetland, livestock and car traffic in the wetland are the most important threats to the wetlands, which severely affect biodiversity services. , wildlife habitat, water conservation, fishing and animal husbandry, research, international value and the wetland's biosphere have suffered a crisis and damage. Diplomatic effort to secure the water right of the wetland is the most important management solution to reduce the vulnerability of the wetland.

Cite this article: Karami, R., Rahdari, A.A., Maleki, S. (2024). Vulnerability Assessment of Ecosystem Services of Hamoun International Wetland to Climate Change. *Journal of the Climate Change Research*, 5 (17), 89-106.

©The author(s)
Publisher: Goletan University
Doi: 10.30488/CCR.2024.429125.1186

نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی

فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال پنجم/ شماره مسلسل هفدهم/ بهار ۱۴۰۳ / صفحات: ۱۰۶-۸۹

آسیب پذیری تالاب هامون در برابر تغییرات اقلیمی

رقیه کرمی[1*]، عبدالعلی راهداری[2]، سعیده ملکی[3]

[1] استادیار گروه اکوسیستم‌های طبیعی، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، پژوهشگاه زابل، رایانامه: roghaye.karami@gmail.com

[2] استادیار گروه علوم آبزیان، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، پژوهشگاه زابل، رایانامه: rahdari67@gmail.com

[3] استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، ایران، رایانامه: sahraa62@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱

واژه‌های کلیدی:
تغییر اقلیم
ارزش‌های بوم‌شناختی
ارزش‌های هیدورولوژیکی
ارزش‌های اقتصادی- اجتماعی
تهدیدها

چکیده

مدیریت پایدار اکوسیستم‌های تالابی مستلزم آگاهی از روند تغییرات ارزش‌های اکولوژیکی، هیدرولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی تالاب در برابر تهدیدات محیطی و انسانی است. در این پژوهش، روند تغییرات و همگنی متغیرهای اقلیمی دما و بارش با استفاده از آزمون‌های همگنی مختلف طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۸۴ بررسی شد و اندرکنش آنها با میزان تغییرات خدمات اکوسیستمی، تهدیدات و آسیب‌پذیری تالاب بین‌المللی هامون مورد ارزیابی قرار گرفت؛ و استراتژی‌های مدیریتی برای کاهش آسیب‌پذیری ارائه شد. نتایج آزمون‌های همگنی نشان داد که اقلیم طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۸۴ در منطقه سیستان خشک‌تر شده است، به‌طوری‌که میانگین کمینه و بیشینه دما به‌ترتیب ۱/۸ و ۰/۹۵ درجه سانتی‌گراد افزایش و میانگین بارش طی این سال‌ها به میزان ۲۷ میلی‌متر (۴۷ درصد) کاهش یافته است. این تغییرات تاثیر زیادی بر خدمات اکوسیستمی منطقه سیستان داشته است. نتایج ارزیابی آسیب‌پذیری تالاب هامون با استفاده از روش Stratford et al., 2011، نشان‌داد که تغییر اقلیم و خشکسالی، تامین حق‌آبه، سدسازی و انحراف مسیر آب در حوضه بالادست، تردد دام و اتومبیل در تالاب مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده تالاب هستند که به شدت خدمات تنوع‌زیستی، زیستگاه حیات وحش، نگهداشت آب، صیادی و دامداری، پژوهشی و ارزش‌های بین‌المللی و زیست‌کره تالاب را دچار بحران و آسیب کرده‌اند. تلاش دیپلماتیک برای تامین حق‌آبه تالاب مهم‌ترین راهکار مدیریتی کاهش آسیب‌پذیری آن است.

استناد: کرمی، رقیه؛ راهداری، عبدالعلی؛ ملکی، سعیده. (۱۴۰۳). آسیب پذیری تالاب هامون در برابر تغییرات اقلیمی. *نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی*، ۵ (۱۷)، ۱۰۶-۸۹.

Doi: 10.30488/CCR.2024.429125.1186

ناشر: دانشگاه گلستان

© نویسندگان.

مقدمه

تغییرات آب و هوا و از دست دادن تنوع زیستی از جمله چالش‌های جهانی است که ممکن است منجر به افزایش خطرات از دست دادن خدمات زیست‌بوم تالاب شود (Reid et al., 2005; IPCC, 2014). زیست‌بوم‌های تالابی می‌توانند پاسخ نیازهای بخش‌های اقتصادی و اجتماعی را در حوزه‌های مختلف با طیف وسیعی از عملکردهای متفاوت فراهم سازند. در حالی که تقاضا برای تالاب‌ها و منابع آبی با افزایش جمعیت و نیاز اقتصادی افزایش می‌یابد، در دسترس بودن و عملکردهای ذاتی این منابع طبیعی با تغییر اقلیم، تبدیل زمین، آلودگی آب و تخریب محیط‌زیست کاهش می‌یابد (Gitay et al., 2011). تالاب‌ها اکوسیستم‌های منحصر به فردی هستند که همزمان از ویژگی‌های اکوسیستم‌های خشکی و آبی برخوردارند و یک منطقه انتقالی بین این دو اکوسیستم محسوب می‌شوند (Seeling and Dekeyser, 2006). مفهوم خدمات اکوسیستمی عبارت است از مجموع محصولات، ستاده‌ها و فرایندهای یک سیستم طبیعی که مستقیم یا غیر مستقیم انسان از آنها منتفع می‌شود. تنوع زیستی، فراهم ساختن زیستگاه برای حیات وحش، کاهش آلودگی‌ها، جلوگیری از وقوع سیلاب، حفظ کیفیت آب از جمله خدمات و ارزش‌های اکولوژیکی تالاب هستند. به علاوه، اکوسیستم‌های تالابی می‌توانند خدمات اقتصادی-اجتماعی را در حوزه‌های مختلف با طیف وسیعی از عملکردهای متفاوت فراهم سازند. زیبایی چشم‌انداز، گردشگری طبیعی، تولید چوب و هیزم، تفریح و تفرج، شکار و صیادی از جمله خدمات اقتصادی – اجتماعی تالاب‌ها هستند. این خدمات ارزش‌های واقعی و سودمندی‌های چندگانه تالاب‌ها را نشان می‌دهند (Barbier, 2011). در دهه‌های اخیر، خدمات با ارزش چندگانه، در بازسازی و احیای تالاب‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند (رحیمی بلوچی و ملک محمدی، ۱۳۹۷).

آسیب‌پذیری بیانگر سطح یا درجه‌ای از حساسیت و تاب‌آوری تالاب در برابر فشارهای انسانی و طبیعی است (IPCC, 2002). به عبارت دیگر، آسیب‌پذیری برآوردی از ناتوانی اکوسیستم طبیعی برای تحمل فشارهای بیش از ظرفیت زمان و مکان است. بنابراین، ارزیابی آسیب‌پذیری خدمات اکوسیستم تالاب به میزان توانایی تالاب در هنگام مواجهه با تهدیدات و اثرات آنها بر ارزش‌ها و خدمات آن اشاره دارد. آسیب پذیری در مقیاس زمانی و مکانی خاصی تعیین می‌شود و در واقع با توجه به ویژگی‌های تالاب مانند وسعت تالاب، ثبات و تنوع زیستی و نیز ظرفیت انطباق‌پذیری جوامع وابسته به تالاب تغییر می‌کند (Gitay et al., 2011). ارزیابی آسیب‌پذیری در نهایت منجر به ارایه راهکارهایی در جهت تعادل‌بخشی به نیازهای رقابتی بهره‌برداران مختلف و تهدیدات حاصل از فشارهای خارجی می‌شود (Acreman et al., 2009).

برنامه‌ها و ابتکارات زیادی که به جنبه‌های مختلف استفاده از تالاب و مشکلات تخریب تالاب می‌پردازند انجام شده است؛ مانند برنامه جامع حفاظت از تالاب، برنامه‌ریزی استفاده از آب، پرداخت هزینه خدمات زیست‌بوم و قیمت‌گذاری آب برای محدودکردن مصرف آن (Finlayson et al., 2005). در عین‌حال، دولت‌ها، سیاست‌هایی را برای بهبود سلامت زیست‌بوم تالاب وضع کرده‌اند. آنچه به نظر می‌رسد نادیده گرفته شده است، نوعی استراتژی جامع است که نگرانی از تغییرات آب و هوایی را به برنامه‌ریزی حفاظت از تالاب و روند تصمیم‌گیری در مورد استفاده از آب و تالاب وارد می‌کند. در بیشتر موارد، آن دسته از تأثیرات تغییرات آب و هوایی بر زیست‌بوم تالاب مورد توجه‌اند که سازمان‌های دولتی و سایر افراد مسئول مدیریت تالاب مورد توجه قرارداده‌اند. تاثیرات تغییرات آب و هوایی بر عملکرد تالاب‌ها ممکن است آنقدر چشمگیر باشد که اقدامات یا استراتژی‌های سازگار جامعی مورد نیاز باشد، که شامل مشارکت و هماهنگی مقامات ملی، استانی، محلی و سایر ذی‌نفعانی است که درگیر برنامه‌ریزی و مدیریت حفاظت از تالاب هستند (Huang et al., 2015).

تغییرات اقلیمی، خشکسالی و مدیریت نادرست آب رودخانه هلمند در بالادست (کشور افغانستان) وضعیت تالاب بین‌المللی هامون در شمال استان

سیستان و بلوچستان را از گذشته تاکنون تحت تاثیر قرار داده است (کرمی، ۱۳۹۹). تبعاً، اثرات منفی این تهدیدهای انسانی و طبیعی بر عرضه خدمات اکوسیستمی تالاب و به دنبال آن وضعیت اقتصادی-اجتماعی مردم منطقه وارد شده است. بنابراین، نیاز است رابطه میان ارزش‌ها و خدمات اکوسیستمی تالاب با عوامل تهدیدکننده بررسی و میزان تاب‌آوری تالاب نسبت به تهدیدات محیطی و انسانی برآورد و کمی شود تا با توجه به آنها راهکارهای مناسب مدیریتی اتخاذ شود. ادغام موفقیت‌آمیز سیاست‌های حفاظت از زیست‌بوم تالاب و سازگاری با اقلیم به روش‌های جدیدی احتیاج دارد که بر اساس نتایج پژوهش‌هایی در مورد پیوندهای بین تغییر اقلیم و مدیریت پایدار زیست‌بوم تالاب بنا شده باشد (IISD et al., 2011).

سابقه تحقیق و مرور منابع

پژوهش‌های مختلفی در مورد ارزیابی آسیب پذیری تالاب‌ها در جهان انجام شده که تاکید و تمرکز آنها بیشتر بر آسیب‌پذیری تالاب‌ها تحت تاثیر تغییرات اقلیمی بوده است (Williams and Kapustka, 2000 و رحیمی‌بلوچی و ملک‌محمدی، ۱۳۹۴). در سال ۱۹۹۹ سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا روشی برای ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه‌ای ارایه داد و در آن از سیستم‌های طبقه‌بندی حوضه آبخیز برای ارزیابی خطر اکولوژیک استفاده کرد (Detenbeck et al., 2000). در همین سال آسیب‌پذیری تالاب‌های ساحلی منطقه آسیا و اقیانوس آرام در برابر تغییرات اقلیمی و بالا آمدن سطح آب دریاها ارزیابی شد که هدف آن بالا بردن آگاهی عمومی مردم از تاثیرات اقلیم و بکارگیری راهکارهای مدیریتی مناسب بود (Finlayson, 1999). در سال ۲۰۱۰ آسیب‌پذیری تالاب با هدف بهینه‌سازی برنامه های مدیریتی تالاب‌ها در آمریکا انجام شد (West and Babson, 2010)، به این منظور، ابتدا مدل مفهومی فرایندهای کلیدی اکوسیستم تالابی تهیه شد و سپس حساسیت فرایندهای تالاب به حالات مختلف تغییرات اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت ارزیابی آسیب پذیری براساس سناریونویسی حالات مختلف انجام شد. آسیب‌پذیری اکولوژیک تالاب دره رودخانه ایرتیش در چین در سال ۲۰۱۰ ارزیابی شد، به این صورت که ابتدا شاخص‌های اکولوژیک تالاب شناسایی شد و سپس این شاخص‌ها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و به لحاظ کمی مورد ارزیابی قرار گرفت (Yang, 2010).

در سال ۲۰۱۱، آسیب‌پذیری خدمات اکوسیستم‌های تالابی در برابر عوامل تهدیدکننده و ارتباط میان آنها در نپال مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که بررسی ارتباط میان ارزش‌ها و تهدیدها برای حفاظت پایدار تالاب‌ها موثر است و بر اساس این پژوهش روش ساده‌ای برای ارزیابی آسیب‌پذیری تالاب‌ها تدوین شد (Stratford et al., 2011). آسیب‌پذیری انواع سیمای سرزمین با استفاده از مدل‌های آماری انجام شده است (Penghua et al., 2007). ارزیابی ریسک خدمات تالاب شادگان بر اساس روش ارزیابی چند معیاره انجام شد و بر اساس نتایج به دست آمده مناطق دارای بالاترین درجه ریسک شناسایی و برای آنها راهکارهای مدیریتی ارائه شد (Malekmohammadi and Rahimi Blouchi, 2014). آسیب‌پذیری فیزیکی مناطق تالابی با استفاده از رگرسیون لجستیک و فازی برای دوره های پیش و پس از احداث سد بر روی رودخانه آتری (Atreyeer) واقع در مرز هندوستان و بنگلادش ارزیابی شد و نتایج نشان داد که مناطق تالابی بسیار آسیب‌پذیر از ۹/۹۳ درصد به ۲۵/۲۸ درصد افزایش یافته است (Pal and Talkudar, 2018).

نتایج مطالعه الگوی توزیع و آسیب‌پذیری تالاب‌های داخلی در مقابل تغییرات اقلیمی در ایالت تنسی (Tennessee) تا سال ۲۰۸۰ نشان داد که در مجموع ۳۲ درصد تالاب‌ها دارای آسیب‌پذیری بسیار بالایی می‌باشند (Akumu et al., 2018). از فن‌آوری سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی آسیب‌پذیری در مطالعات بسیاری استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات Copeland et al., 2010; Isunju et al., 2016; Matchett and Fleskes, 2017; Rawat and Kumar, 2015; Torbick and Salas, 2014 اشاره کرد.

در سال ۲۰۱۷ جهانی‌شکیب و ملک‌محمدی نوعی روش‌شناسی بر پایه ارزیابی کمی و کیفی با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره در سیستم پیشران- وضعیت- اثر-پاسخ (DPSIR) پیشنهاد دادند و بر اساس این روش آسیب‌پذیری ارزش‌های تالاب بین‌المللی چغاخور را در برابر عوامل تهدید کننده ارزیابی نمودند (Jahanishakib and Malekmohammadi, 2017). در سال ۱۳۹۲، رحیمی‌بلوچی و ملک‌محمدی به ارزیابی آسیب‌پذیری تالاب بین‌المللی شادگان بر اساس ارزش-های هیدرولوژیک و اکولوژیک پرداختند. طبق نتایج این پژوهش، ارزشهای بوم‌شناختی نظیر جانوران و گیاهان آبزی، مناطق حساس بوم شناختی و تنوع‌زیستی تالاب و ارزش‌های هیدرولوژیک نظیر حفظ تعادل هیدرولوژیک منطقه، ذخیره آب‌های طغیانی و جلوگیری از بروز سیلاب مهم‌ترین ارزش های تالاب محسوب می‌شوند که در معرض مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده نظیر تغییر در رژیم هیدرولوژیک آب تالاب بر اثر فعالیت‌های بالادست، ورود آلودگی‌های صنعتی به درون تالاب، بهره برداری‌های بی‌رویه از منابع گیاهی و آبزی تالاب و تصرف و تغییر کاربری زیستگاه‌های تالابی اراضی کشاورزی قرار دارند.

در حوضه آبخیز تالاب بین‌المللی هامون خسارات محیط زیستی ناشی از خشک شدن تالاب را بر کارکردهای تنظیمی (جذب کربن و تولید اکسیژن) این تالاب ۱۶۵۰۷۱ میلیون ریال برآورد کردند (دهمرده و همکاران، ۱۳۹۶). ارزش خسارت‌های زیست محیطی ناشی از خشکی تالاب هامون (خسارات وارده به گونه‌های گیاهی، جانوری و اکوسیستم جنگلی تالاب با استفاده از روش تجربی مبتنی بر انتخاب و مدل‌سازی آن در قالب الگوی لوجیت چندگانه ۶۵۲۷۴۱ میلیون ریال برآورد گردید (دهمرده و شهرکی، ۱۳۹۴).

در حوضه آبخیز هلمند میانی و سفلی، نتایج بررسی روند متغیرهای بارش و دما به عنوان عوامل محیطی تهدیدکننده تالاب هامون با استفاده از داده‌های مشاهداتی در ایستگاه زابل و داده‌های CRU در ایستگاه‌های قندهار و لشکرگاه مشخص ساخت که از دهه ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ دمای حداقل، روند افزایشی و میزان بارش روند کاهشی داشته است، به طوری که می‌توان نتیجه گرفت اقلیم در حوضه آبخیز هلمند میانی و سفلی طی دوره ۲۰۱۴-۱۹۷۷ گرم‌تر و خشک‌تر شده است (Maleki et al., 2019).

مطالعه حاجی‌حسینی و همکاران بر روی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز هلمند نشان داد که، کاربری اراضی در پایین دست سد تغییرات قابل توجهی داشته است، به طوری که در دوره ۲۰۱۱-۱۹۹۰ مجموع اراضی کشاورزی ۶۲ درصد افزایش یافته است (حاجی حسینی و همکاران، ۱۳۹۲). به منظور بررسی تاثیر توسعه اراضی کشاورزی در بالادست تالاب بین المللی هامون بر حجم رواناب خروجی حوضه آبخیز به ایران ، شبیه‌سازی متوسط آورد سالانه از سد کجکی بر حسب مساحت اراضی کشاورزی در سه دوره ۱۹۹۵-۱۹۸۵، ۲۰۰۴-۱۹۹۵ و ۲۰۱۱-۲۰۰۴ در مدل SWAT انجام شد که نتایج حاکی از کاهش آورد سالانه از ۵/۱ به ۴/۲۸ میلیارد مترمکعب است؛ به عبارت دیگر توسعه اراضی کشاورزی در حوضه آبخیز هلمند سفلی در افغانستان به طور میانگین باعث کاهش ۸۰۰ میلیون مترمکعب آورد آب به منطقه سیستان در سال شده‌است (حاجی حسینی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Hajihosseini et al., 2019). برآورد سطح تالاب‌های هامون طی دوره ۲۰۱۴-۱۹۷۷ نشان داد که سطح تالاب حدود۶۰ درصد و سطح پوشش گیاهی به میزان ۴۰ درصد کاهش یافته است (Maleki et al., 2019). کرمی و همکاران با استفاده از مدل DPSIR فهرستی از کارکردهای تالاب بین‌المللی هامون را به شیوه مشارکتی و با حضور مردم روستاهای حاشیه تالاب شناسایی کردند (کرمی و همکاران، ۱۳۹۹).

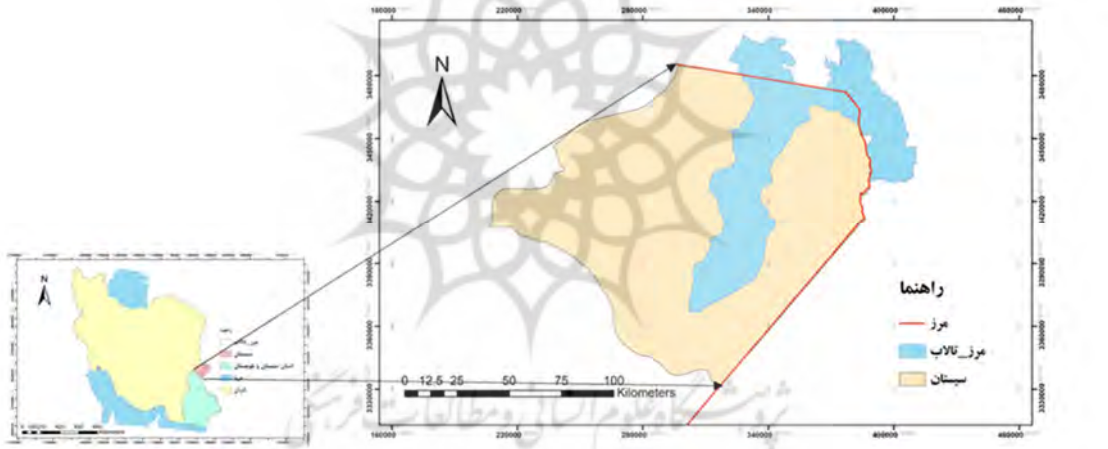
مواد و روش کار

محدوده مطالعاتی: تالاب بین‌المللی هامون یکی از تالاب‌های مهم دنیا و بزرگترین دریاچه آب شیرین ایران است که در منطقه سیستان در شمال شرقی

استان سیستان و بلوچستان در حدفاصل ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۶ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این منطقه از طرف شمال و شرق به افغانستان، از جنوب و جنوب غربی به افغانستان و کوه‌های حرمک ایران و از طرف غرب و شمال غرب به کوه‌های چهل‌دختران و پلنگان و شهر نهبندان محدود می‌شود (شکل ۱).

پست‌ترین نقطه این ناحیه تالاب هامون هیرمند به ارتفاع تقریبی ۴۷۰ متر از سطح دریا می‌باشد. علاوه بر این تالاب، دو تالاب دیگر به نام‌های هامون پوزک و صابوری نیز وجود دارد. رودخانه هیرمند که اصلی‌ترین منبع آب این سه تالاب می‌باشد پس از رسیدن به مرز ایران به دو شاخه‌ی سیستان و پریان تقسیم می‌شود، شاخه سیستان ضمن مشروب کردن بخشی از اراضی کشاورزی دشت سیستان به هامون هیرمند می‌ریزد. شاخه‌ی پریان در امتداد مرز به سمت شمال حرکت کرده و ابتدا هامون پوزک و سپس هامون‌های صابوری و هیرمند را تغذیه می‌کند. آب رودخانه‌های دیگری نظیر هاروت‌رود، خاش‌رود و چندین رودخانه فرعی از غرب و شمال نیز به هامون‌ها می‌ریزند، ولی در مقایسه با رودخانه هیرمند سهم چندانی ندارند (Afghanistan Ministry of Energy and Water, 2013).

هامون‌ها در شرایط پرآبی به یکدیگر می‌پیوندند و در ایام خشکسالی و کم‌آبی از یکدیگر جدا شده و گاهی کاملاً خشک می‌شوند. آب زهکشی و همچنین در هنگام طغیان‌های شدید و بزرگ، آب‌های بیش از ظرفیت هامون‌ها، توسط رودخانه شیله به گودزره که عمیق‌ترین بخش چاله سیستان است و در خاک افغانستان قرار دارد، می‌ریزد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی

ارزیابی اقلیم: به منظور بررسی وضعیت تغییرات اقلیمی آمار روزانه سینوپتیک ایستگاه هواشناسی زابل برای متغیرهای بارش، دمای بیشینه و دمای کمینه از اداره کل هواشناسی استان سیستان و بلوچستان جمع‌آوری شد. سپس جهت تعیین تغییرات اقلیمی، همگنی داده‌ها و تغییر روند مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش از آزمون‌های همگنی نرمال استاندارد (Alexandersson, 1986)، دامنه‌ی بیشند (Buishand, 1982)، پُتی (Pettitt, 1979) و نسبت فون نیومن (Von Neumann, 1941) استفاده شد برای نشان دادن تغییرات الگوی متغیرهای اقلیمی، میزان تغییر و سال وقوع تغییرات استفاده شد. در هر چهار آزمون فرض صفر بر همگنی داده‌ها و فرض یک بر ناهمگنی داده‌ها دلالت دارند. پس از تعیین همگنی داده‌های هواشناسی در آزمون‌های پیش‌گفته براساس کلاس‌های زیر همگنی نهایی مشخص می‌شود (Wijngaardet, etal, 2003):

الف) کلاس همگن (کلاس A):

سری داده‌هایی که در تمام چهار آزمون فوق و در سطح اطمینان ۵٪ فرض صفر را تایید کنند و یا فقط

در یکی از آن‌ها به فرض یک برسند در این کلاس قرار می‌گیرند.

ب) کلاس مشکوک (کلاس B):

سری داده‌هایی که از بین چهار آزمون فوق در دو مورد در سطح اطمینان ۵٪ به فرض یک برسند در این کلاس قرار می‌گیرند.

ج) کلاس ناهمگن (کلاس C):

در صورتی که سری داده‌ها در سه یا چهار آزمون فوق در سطح اطمینان ۵٪ به فرض یک برسند در این کلاس قرار می‌گیرند.

ارزیابی آسیب‌پذیری

شناسایی و جمع آوری داده‌های اکولوژیکی: برای تعیین ارزش‌های اکولوژیک و ارزشهای اقتصادی-اجتماعی تالاب و عوامل تهدیدکننده آن از روش مطالعه اسنادی (مرور گزارش طرح‌های تحقیقاتی، پایان‌نامه‌ها ، مقالات و کتب و غیره) و و برای تدقیق آنها از بازدید میدانی و مشاهده مستقیم و مصاحبه چهره به چهره با ذینفعان تالاب، کارشناسان و متخصصان حوزه‌های منابع طبیعی و محیطزیست استفاده شد.

ارزیابی آسیب‌پذیری خدمات اکوسیستمی تالاب: میزان آسیب‌پذیری هر یک از خدمات (ارزش‌های) اکوسیستمی تالاب بین‌المللی هامون به دامنه‌ای از عوامل تهدیدکننده شناسایی شده، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. روش مورد استفاده در این تحقیق شامل پنج بخش اصلی است (Stratford et al., 2011; Malekmohammadi and Rahimi Blouchi, 2014; Malekmohammadi and Jahanishakib, 2017):

۱- تعیین ارزش‌ها و تهدیدهای تالاب

۲- ارزیابی ارزش‌های تالاب

۳- ارزیابی عوامل تهدیدکننده

۴- ارزیابی رابطه میان ارزش‌ها و عوامل تهدیدکننده تالاب

۵-ارزیابی آسیب‌پذیری تالاب

۶- ارایه راهکارهای مدیریتی

۱-تعیین ارزش‌ها و تهدیدات تالاب: برای تعیین ارزش‌های اکولوژیک تالاب و عوامل تهدید کننده آن از روش مطالعه اسنادی، مرور منابع، بازدید میدانی و مصاحبه استفاده شد. برای ارزیابی آسیب‌پذیری تالاب هامون براساس مرور منابع (کرمی، ۱۳۹۹؛ Saadati, 2010) و تصحیح و تدقیق میدانی، فهرستی از خدمات و ارزش‌های اکولوژیک و نیز تهدیدهای تالاب تهیه شد. ارزش‌های تالاب را می‌توان در چهار گروه ارزش‌های بوم شناختی، هیدرولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی دسته‌بندی کرد.

۲-ارزیابی ارزش‌های اکولوژیکی، هیدرولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی تالاب: برای ارزیابی ارزش، به هر ارزش دو نمره برای اعتبار و بزرگی ارزش در بازه زیاد (H)، متوسط (M) و کم (L) داده می‌شود و بر اساس رابطه (۱) امتیاز هر ارزش به دست می‌آید و مطابق با شکل (۲) ارزیابی نهایی ارزش‌ها انجام می‌شود.

رابطه (۱) اعتبار ارزش × بزرگی ارزش = امتیاز ارزش

عامل دوم ارزیابی	عامل ارزیابی			
		کم (Low)	متوسط (Medium)	زیاد (High)
	کم (Low)	L	L	M
	متوسط (Medium)	L	M	H
	زیاد (High)	M	H	H

شکل ۲-جدول ترکیب امتیاز ارزش‌های تالاب

در این مطالعه، ارزیابی ارزش‌ها و تهدیدات تالاب با کمک پرسشنامه خبرگان انجام گرفت. خبرگان در این مطالعه، ۲۰ نفر از افراد مجرب با تخصص‌های اقتصاد محیط زیست، کشاورزی، شیلات، منابع آب و محیط زیست با سابقه کار بیش از ۱۵ سال در منطقه سیستان بودند که از آنها خواسته شد طبق راهنمای

ارایه شده در هر ستون جداول ارزیابی، انها را تکمیل نمایند. میانگین نظرات ۲۰ خبره محاسبه و به صورت جداول نهایی ارزشها و تهدیدها (جداول ۵-۱ بخش نتایج) تهیه شد.

۳- ارزیابی عوامل تهدیدکننده تالاب: به‌منظور ارزیابی تهدیدها، به هر تهدید دو امتیاز به شدت تهدید و احتمال وقوع تهدید داده می‌شود. میزان شدت و احتمال وقوع تهدید در بازه زیاد (H)، متوسط (M) و کم (L) براساس نظرات خبرگان و ارزیابی چند معیاره آنها اختصاص می‌یابد (شکل ۳). در پایان از ترکیب نمرات مطابق رابطه (۲) و جدول (۳) امتیاز هر تهدید به دست می‌آید.

رابطه (۲)

احتمال وقوع تهدید× اهمیت تهدید = امتیاز تهدید

کم ↑ شدت اثر ↓ زیاد	زیاد ← احتمال وقوع → کم			
		کم (Low)	متوسط (Medium)	زیاد (High)
	کم (Low)	L	L	M
	متوسط (Medium)	L	M	H
	زیاد (High)	M	H	H

شکل ۳- جدول ترکیب امتیاز تهدیدهای تالاب

۴- ارزیابی رابطه میان ارزش‌ها و عوامل تهدیدکننده: در این مرحله میزان آسیب‌پذیری هریک از خدمات اکوسیستمی تالاب در برابر هر یک از عوامل تهدیدکننده با توجه به دانش افراد خبره مشخص شد و برای آن امتیازاتی معادل زیاد (H)، متوسط (M)، کم (L) و ناشناخته (U) داده شد.

۵- ارزیابی آسیب‌پذیری خدمات اکوسیستمی تالاب: ارزیابی آسیب پذیری تالاب با استفاده از رابطه (۳) انجام شد (Stratford et al., 2011):

رابطه (۳)

امتیاز رابطه تهدید و ارزش × امتیاز تهدید × امتیاز ارزش = امتیاز نهایی (میزان آسیب‌پذیری)

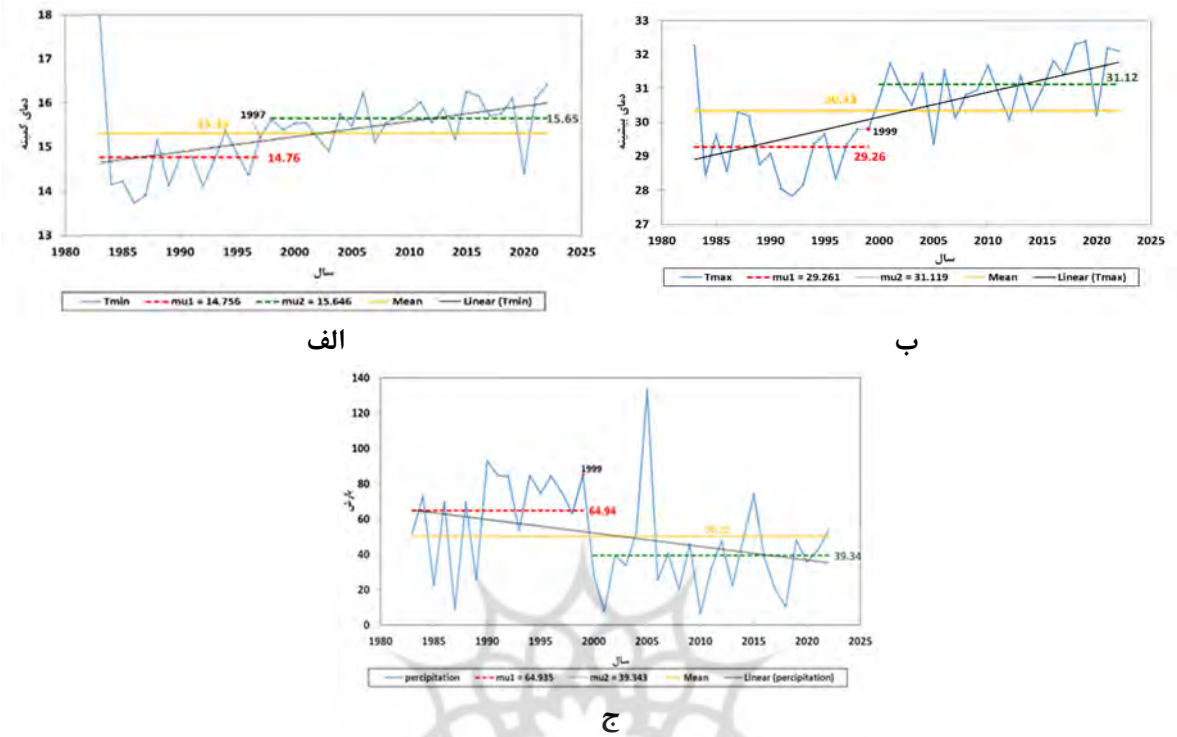
زمانی که امتیازات H، M، L و U به‌ترتیب ارزش ۳، ۲، ۱ و صفر را داشته باشند. امتیاز نهایی ارزیابی نمره‌ای بین صفر تا ۲۷ می‌شود که عدد ۰ با کد U (میزان آسیب‌پذیری نامشخص)، مقادیر بین ۱ و ۹ با کد L (میزان آسیب‌پذیری کم)، مقادیر بین ۱۰ و ۱۸ با کد M (میزان آسیب‌پذیری متوسط)، و مقادیر بین ۱۹ و ۲۷ با کد H (میزان آسیب‌پذیری زیاد) در جدول آسیب‌پذیری نشان داده شده‌اند. امتیازهای در نظرگرفته شده برای مطالعه موردی در این روش، از طریق بازدید میدانی و مصاحبه با کارشناسان محلی و خبره محاسبه شده است.

۶- ارایه راهکارهای مدیریتی: در نهایت با توجه به میزان آسیب‌پذیری به دست آمده، راهکارهای مدیریتی برای مقابله و کاهش آثار تهدیدات ارایه شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج هرچهار آزمون همگنی پتی، فون نیومن و بیشند و استاندارد نرمال آماره‌های سه آزمون در سطح اطمینان ۹۵٪ برای میانگین دمای بیشینه و کمینه در ایستگاه زابل معنادار شده‌اند که ناهمگن و دارای جهش هستند (شکل ۴- الف و ب). زمان وقوع ناهمگنی دماهای بیشینه و کمینه به ترتیب سال‌های ۱۹۹۹ و ۱۹۹۷ است. میانگین دمای بیشینه و کمینه زابل در دوره پس از جهش نسبت به دوره‌ی پیش از جهش به‌ترتیب ۱/۸۵ و ۰/۸۹ درجه سلسیوس افزایش داشته است. در سری زمانی بارش، ایستگاه زابل در کلاس A قرار داشته، ناهمگن و دارای جهش است. جهش و ناهمگنی در میانگین بارش ایستگاه زابل در سال ۱۹۹۹ اتفاق افتاده است به طوری که در دوره پیش از جهش (۱۹۸۴-۱۹۹۹) و پس از جهش (۲۰۰۰-۲۰۱۹) میانگین بارش به‌ترتیب ۶۴/۹۴ و ۳۹/۳۴ میلی‌متر بوده است (شکل ۴) که نسبت به میانگین بلندمدت آن (۵۰/۲۲) به‌ترتیب ۱۲/۷۴ و ۱۰/۸۸ میلی‌متر بیشتر و کمتر بوده است. کاهش

۲۵/۶ میلی‌متری یا ۴۰ درصدی میانگین بارش پس از سال ۱۹۹۹ (۱۳۸۰) حاکی از نقطه‌ی شروع وقوع خشکسالی در منطقه سیستان است (شکل ۴- ج).



الف ب

ج

شکل ۴- روند و ناهمگنی داده های دمای کمینه (الف)، دمای بیشینه (ب) و بارش طی دوره ۲۰۲۰-۱۹۸۴

بنابراین با توجه به نتایج بررسی اقلیمی می توان اثر گذاری اقلیمی را به دو دوره تقسیم کرد پیش از سال ۱۹۹۹ (۱۳۸۰ هجری شمسی) و پس از آن که میانگین متغیرهای اقلیمی تغییرات قابل توجهی داشته‌اند. لازم به ذکر است که سال ۱۳۸۰ آغاز دوره های خشکسالی بلند مدت در منطقه سیستان بوده است. ارزش‌های بوم شناختی پنجگانه گیاهان، جانوران، زیستگاه حیات وحش، تنوع‌زیستی و مناطق حساس بوم‌شناختی براساس معیار فهرست قرمز IUCN و فهرست منتشر شده در وبسایت سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران برای تالاب هامون مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج آن در جدول (۱) آمده‌است. بیشتر گونه‌ها در رده کمترین نگرانی هستند و تنها گونه‌هایی از پرندگان و ماهی‌ها در فهرست قرمز قرار دارند.

ارزش‌های هیدرولوژیکی تالاب در هفت گروه اصلی طبقه‌بندی شدند (جدول۲) که پیش از وقوع خشکسالی بیش از دویست هزار نفر از جمعیت سیستان از آن بهره مند می‌شدند، اما پس از سال ۱۳۷۸ میزان این خدمات به حداقل رسیده است. همچنین تامین خدمات مختلف هیدرولوژیکی از یک منبع جایگزین نیاز به تاسیسات زیادی داشته و مشکل به نظر می‌آید. ارزش‌های اقتصادی تحت دو عامل درصد درآمد حاصل از این ارزش‌ها و سهم شاغلین در هریک از بخش‌ها ارزیابی شد (جدول ۳).

ارزش‌های یازده‌گانه اجتماعی تالاب (جدول ۴) تحت دو عامل میزان اهمیت و انحصاری بودن مورد ارزیابی قرارگرفتند. علاوه بر ارزش‌هایی چون ثبت به عنوان ذخیره‌گاه زیست‌کره، پناهگاه حیات وحش و رامسر سایت، ارزش‌هایی چون وابستگی عاطفی مردم سیستان به تالاب، حفظ مرز و ارزش علمی – پژوهشی از مهم‌ترین ارزش‌های اجتماعی تالاب به حساب می‌آیند. تهدیدهای شناسایی شده شامل پنج تهدید اصلی تغییرات اقلیمی، تغییر رژیم هیدرولوژیکی،

مداخلات فیزیکی، مدیریت نادرست و تغییرات کاربری اراضی می‌باشد که مطابق با جدول (۵) هریک به زیربخش‌هایی تقسیم شده است. ارزیابی این تهدیدها نشان داد که پس از سال ۱۳۷۸ تقریبا همه عوامل تهدیدکننده از شدت بالایی برخوردار بوده است.

نتایج ارزیابی ارتباط میان تهدیدها و ارزش‌های اکولوژیک تالاب که از طریق امتیازدهی و براساس بازدید میدانی و نظرات کارشناسی انجام شد در جدول (۶) آمده است. طبق نتایج ارزیابی آسیب‌پذیری تالاب بین‌المللی هامون (جدول ۷)، نشان داد که تغییر اقلیم و خشکسالی، عدم تامین حق‌آبه تالاب از سوی کشور افغانستان، تغییر رژیم هیدرولوژیکی آب تالاب از طریق احداث سد در بالادست، تغییر اقلیم و خشکسالی، تردد دام و ماشین در تالاب از مهم‌ترین تهدیدهای تالاب به شمار می‌آیند که به قرار زیر بیشترین تاثیر را بر ارزش‌ها و خدمات چهارگانه تالاب گذاشته‌اند:

ارزش‌های اکولوژیک: زیستگاه حیات وحش، مناطق حساس و بوم‌شناختی و تنوع‌زیستی

ارزش‌های هیدرولوژیک: همه ارزش‌های هیدرولوژیک

ارزش‌های اقتصادی: صیادی و دامداری

ارزش‌های اجتماعی: وضعیت حفاظتی تالاب (ثبت در کنوانسیون رامسر، ذخیره‌گاه زیست‌کره و پناهگاه حیات وحش)، جلوگیری از مهاجرت و ارزش پژوهشی.

جدول ۱: ارزیابی ارزش‌های بوم‌شناختی تالاب بین المللی هامون

عامل ارزیابی / نوع ارزش اکولوژیک	ارزش بوم‌شناختی	ارزش زیستگاه و گونه (۱) گونه‌های در معرض خطر و انقراض (H) گونه‌های آسیب پذیر (M) گونه‌های در آستانه تهدید (L)		ارزش حضور در منطقه (۲) حضور فقط در اکوسیستم تالابی (H) حضور در اکوسیستم اطراف تالاب (M) حضور در سرتاسراکوسیستم حوضه (L)		امتیاز حاصل از ماتریس ارزیابی	
	دوره	پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸	پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸	پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸
گیاهان	خشکی‌زی	L	L	L	L	L	L
	بن در آب	L	L	H	-	M	-
	غوطه‌ور	L	-	H	-	M	-
	شناور	L	-	H	-	M	-
	برگ شناور	L	-	H	-	M	-
جانوران	آبزیان	H	H	H	-	M	-
	دوزیستان	L	-	L	-	M	-
	خزندگان	L	L	L	L	L	L
	پرندگان	H	-	L	H	M	-
	پستانداران	H	H	L	H	M	H
زیستگاه حیات وحش		H	L	H	-	H	-
تنوع‌زیستی		H	L	H	-	H	
مناطق حساس بوم‌شناختی		H	L	H	L	H	

جدول ۲: ارزیابی ارزش‌های هیدرولوژیکی تالاب بین‌المللی هامون

عامل ارزیابی / نوع ارزش هیدرولوژیک	جمعیت بهره‌مند از ارزش (۱) بیش از ۲۰۰ هزار نفر (H) ۲۰۰-۱۰۰ هزار نفر (M) کمتر از ۱۰۰ هزار نفر (L)		امکان ارایه ارزش جایگزین (۲) مشکل و نیاز به تاسیسات زیادی دارد (H) متوسط و نیاز به تاسیسات نسبتا زیادی دارد (M) ساده و نیاز به تاسیسات اندکی دارد (L)		امتیاز حاصل از ماتریس ارزیابی	
	پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸	پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸	پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸
حفظ ذخایر ژنتیکی گیاهان	H	H	H	H	H	H
تامین آب دامداری و دامپروری	L	L	H	H	H	H
حفظ و نگهداشت آب	H	H	H	H	H	H
کنترل سیلاب	H	H	H	M	H	H
کنترل گرد و غبار و نشبیت خاک	H	H	H	H	H	H
تلطیف هوا	H	H	H	H	H	H
پایداری اکوسیستم	H	H	H	H	H	H

جدول ۳: ارزیابی ارزش‌های اقتصادی تالاب بین‌المللی هامون

عامل ارزیابی / نوع ارزش اقتصادی	توضیحات	درصد درآمد حاصل از ارزش (۱) بیش از ۴۰٪ در منطقه (H) ۴۰٪-۱۰٪ در منطقه (M) کمتر از ۱۰٪ در منطقه (L)		سهم شاغلین (۲) بیش از ۴۰٪ افراد بومی در این بخش شاغلند (H) ۴۰٪-۱۰٪ افراد بومی در این بخش شاغلند (M) کمتر از ۱۰٪ افراد بومی در این بخش شاغلند (L)		امتیاز حاصل از ماتریس ارزیابی	
		پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸	پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸	پیش از ۱۳۷۸	پس از ۱۳۷۸
صیادی	۳۰۰۰ خانواده صیادی و ۱۵۰۰۰ تن برداشت آبزی	M	L	M	L	M	L
دامداری و دامپروری	۱۵۰۰۰۰۰ واحد دامی	H	M	M	L	H	L
حصیربافی و پرده‌بافی	میانگین تولید حصیر ۳۰ میلیون مترمربع	M	L	L	L	M	L
گردشگری	درآمد حاصل از گردشگری	L	L	L	L	L	L
شکار پرنده	در سال ۵۱، ۷۴۳ تن و پس از آن به‌طور میانگین ۱۰۰ تن گوشت پرنده برداشت شده است.	M	L	L	L	L	L

جدول ۴: ارزیابی ارزش‌های اجتماعی تالاب بین‌المللی هامون

عامل ارزیابی / نوع ارزش اجتماعی	توضیحات	میزان اهمیت (۱) دارای اهمیت جهانی (H) دارای اهمیت منطقه ای (M) دارای اهمیت محلی (L)		میزان انحصاری بودن (۲) بی نظیر (H) نادر (M) شایع (L)		امتیاز حاصل از ماتریس ارزیابی	
		پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸	پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸	پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸
کارکرد مذهبی (در بین همه ادیان)	وجود مقبره خواجه مهدی سیستانی در کوه خواجه در داخل تالاب	M	M	M	M	M	M
کارکرد تاریخی و باستانی‌شناسی	مجموعه کاخ‌های کهزاد و چهل دختر	H	H	H	H	H	H
کنوانسیون رامسر سایت	سال ۱۳۵۴	H	H	H	H	H	H
پناهگاه حیات وحش	سال ۱۳۸۱	L	H	L	H	H	H
ذخیره‌گاه زیست‌کره	سال ۱۳۹۴	-	H	-	H	-	H
احساس تعلق خاطر	وابستگی عاطفی مردم سیستان به تالاب	M	L	H	M	M	L
تختک ها	در داخل تالاب ۲۶ تختک وجود داشت که	M	L	M	M	M	L

	درحال حاضر نه تختک دایر است.						
ایستگاه تحقیقاتی محیط زیست در مجاورت تالاب	در دهه ۹۰	-	M	-	L	-	L
جلوگیری از مهاجرت		H	L	H	M	H	L
حفظ مرز و کاهش تهدیدهای امنیتی	بخشی از تالاب‌های پوزک. صابوری مرز میان ایران و افغانستان هستند	H	L	H	M	H	L
پژوهشی	به دلیل تنوع اکوسیستمی و تنوع‌زیستی	H	L	M	L	H	L

جدول ۵: ارزیابی عوامل تهدیدکننده تالاب بین المللی هامون

عامل ارزیابی / نوع تهدید		شدت تهدید (۱) زیاد (H) متوسط (M) کم (L)		احتمال وقوع (۲) در گذشته زیاد رخ داده و احتمال وقوع آن در آینده زیاد است (H) در گذشته رخ داده و احتمال وقوع آن در آینده زیاد است (M) در گذشته کم رخ داده و احتمال وقوع آن در آینده کم است (L)		امتیاز حاصل از ماتریس ارزیابی	
		پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸	پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸	پیش از سال ۱۳۷۸	پس از سال ۱۳۷۸
تغییر اقلیم	تغییر اقلیم و خشکسالی	L	H	L	H	L	H
	سطح بالای تبخیر (شرایط اقلیمی منطقه)	H	H	H	H	H	H
	توفانهای ریزگرد و تجمع رسوبات بادی در داخل تالاب	L	H	L	H	L	H
تغییر رژیم هیدرولوژیکی	سد سازی در بالادست (افغانستان)	L	H	L	H	L	H
	تغییر فیزیوگرافی و انحراف مسیر رودخانه های منتهی به تالاب	L	H	L	H	L	H
	سیل و رسوبگذاری	M	L	H	M	M	L
	افزایش ارتفاع سد کجکی در افغانستان	-	M	-	M	-	M
	فعالیت کشاورزی و تغییر مسیر آب در افغانستان	L	H	L	H	L	H
مداخلات فیزیکی	تردد (اتومبیل و انسان) در داخل تالاب	L	H	L	H	L	H
	تردد غیر مجاز دام در تالاب	-	H	-	H	-	H
	سازه ها و بندهای داخل تالاب	L	H	L	H	L	H
	حفر چاه در داخل تالاب	-	M	-	M	-	M
مدیریتی	مدیریت ناصحیح آب در منطقه	L	H	L	M	L	H
	عدم تامین حقابه تالاب	L	H	L	H	L	H
	دیپلماسی ناپایدار آب	L	H	L	H	L	H
تغییر کاربری	زمین های بایر به کشاورزی	L	H	M	H	L	H

برای حفظ تالاب و کاهش آسیب‌پذیری تالاب هامون براساس نظرات کارشناسان و خبرگان راهکارهای مدیریتی زیر پیشنهاد شد:

- تامین حقابه تالاب براساس معاهدات فی مابین ایران و افغانستان از طریق تلاش دیپلماتیک.
- تعیین نیاز آبی اکولوژیک تالاب از همه رودخانه‌های ورودی به تالاب مانند رودخانه‌های فراه، خاش و هاروت
- احیای بخش‌هایی از تالاب هامون براساس نتایج مطالعات انجام شده
- جلوگیری از ورود دام و اتومبیل به تالاب
- تامین آب شرب و کشاورزی منطقه از سایر منابع مانند دریای عمان
- معرفی، حمایت و اجرای معیشت‌های جایگزین
- مدیریت مرز و برقراری ارتباط تجاری بین ایران و افغانستان در قالب بازارچه‌های کوچک مرزی

جدول ۶: ارزیابی ارتباط بین ارزش‌ها و تهدیدهای تالاب هامون (پس از ۱۳۷۸)

ارزش‌ها (خدمات) اکوسیستم / تهدیدکننده / عوامل		تغییر اقلیم و خشکسالی	سطح بالای تبخیر (شرایط اقلیمی)	توفانهای ریزگرد و تجمع رسوبات بادی در داخل تالاب	سازه‌ها و آب بندهای داخل تالاب	تردد دام در تالاب	تردد (اتومبیل و انسان) در داخل تالاب	حفر چاه در داخل تالاب	سیل و رسوبگذاری	فعالیت کشاورزی و تغییر مسیر آب در افغانستان	تغییر فیزیوگرافی و انحراف مسیر رودخانه های منتهی به تالاب	سد سازی در بالادست (افغانستان)	تامین برق و افزایش ارتفاع سد کجکی	مدیریت ناصحیح آب در منطقه	عدم تامین حقابه تالاب	دیپلماسی ناپایدار آب	تبدیل زمین های بایر به کشاورزی در بالادست
ارزشهای اکولوژیکی	گیاهان: خشکی‌زی	M	M	U	U	L	L	L	H	U	U	U	U	U	H	U	U
	گیاهان: بن در آب	H	H	U	U	L	H	U	H	U	H	H	L	H	H	U	L
	گیاهان: غوطه‌ور	H	H	U	U	L	H	U	H	U	H	H	L	H	H	U	L
	گیاهان: شناور	H	H	U	U	L	H	U	H	U	H	H	L	H	H	U	L
	گیاهان: برگ شناور	H	H	U	U	L	H	U	H	U	H	H	L	H	H	U	L
	جانوران: آبزیان	H	H	U	U	L	H	U	H	U	H	H	L	L	H	U	L
	جانوران: دوزیستان	M	M	U	U	L	U	U	H	U	H	H	L	L	H	U	L
	جانوران: خزندگان	M	M	U	U	L	U	U	H	U	H	H	L	L	H	U	L
	جانوران: پرندگان	H	H	L	L	L	U	U	H	U	L	H	L	L	H	U	L
	جانوران: پستانداران	M	M	U	U	L	U	U	H	U	L	H	U	L	H	U	L
	زیستگاه حیات وحش	H	H	U	H	L	L	U	H	U	L	H	L	H	H	U	L
	تنوع‌زیستی	H	H	U	H	L	L	U	H	U	L	H	L	H	H	U	L
	مناطق حساس بوم‌شناختی	H	H	U	H	L	L	U	H	U	L	H	L	H	H	U	L
ارزش‌های هیدرولوژیکی (خدمات تنظیمی - پشتیبانی)	حفظ ذخایر ژنتیکی گیاهان	H	L	L	M	H	H	U	H	U	U	U	H	U	H	U	L
	تامین آب دامداری و دامپروری	H	L	L	M	U	U	U	U	U	H	U	H	H	H	U	M
	حفظ و نگهداشت آب	H	L	L	M	L	H	U	H	U	U	U	H	H	H	U	M
	کنترل مخاطرات طبیعی	H	L	H	M	H	U	U	U	U	U	U	H	H	H	U	U
	کنترل گرد و غبار و نثبیت خاک	H	L	H	U	H	H	U	H	U	U	U	H	H	H	U	L
	تلطیف هوا	H	L	H	U	H	H	U	H	U	U	U	H	H	H	U	L
	پایداری اکوسیستم	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	U	H
ارزشهای اقتصادی (خدمات تولیدی)	صیادی	H	U	H	M	U	U	U	H	U	U	U	H	H	H	U	U
	دامداری و دامپروری	H	U	H	M	U	U	U	U	U	U	U	H	H	H	U	U
	حصیربافی و پرده‌بافی	H	U	H	M	U	U	U	H	U	U	U	H	H	H	U	U
	گردشگری	H	U	H	M	U	U	U	U	U	U	U	H	H	H	U	U
	شکار پرنده	H	U	H	M	U	U	U	U	U	U	U	H	H	H	U	U
ارزشهای اجتماعی (خدمات فرهنگی)	کارکرد مذهبی (در بین همه ادیان)	M	M	M	U	U	U	U	U	U	U	U	H	H	U	U	U
	کارکرد تاریخی و باستان شناسی	M	M	M	U	U	U	U	U	U	U	U	H	H	U	U	U
	کنوانسیون رامسر سایت	H	U	U	H	H	H	H	U	U	H	H	H	H	H	H	M
	پناهگاه حیات وحش	H	U	U	H	H	H	H	U	U	H	H	H	H	H	H	M
	ذخیره‌گاه زیست‌کره	H	U	U	H	H	H	H	U	U	H	H	H	H	H	H	M
	احساس تعلق خاطر	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	H	H	U	U	U
	تختک ها	H	U	U	H	H	H	U	U	U	U	U	H	H	H	U	U
	ایستگاه تحقیقاتی محیط‌زیست در مجاورت تالاب	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
	مهاجرت	H	U	U	H	U	U	U	U	U	U	M	H	H	H	H	H
	حفظ مرز و کاهش تهدیدهای امنیتی	H	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	H	H	U
	پژوهشی	H	U	U	H	H	U	H	H	U	U	U	H	H	H	U	M

جدول ۷- ارزیابی آسیب‌پذیری ارزشهای محیط زیست تالاب بین‌المللی هامون (پس از ۱۳۷۸)

عوامل تهدیدکننده / ارزشها (خدمات) اکوسیستم	تغییر اقلیم و خشکسالی	سطح بالای تبخیر (شرایط اقلیمی)	تجمع رسوبات بادی در داخل تالاب	توفانهای ریزگرد و	سازه‌ها و آب بندهای داخل تالاب	تردد دام در تالاب	تردد (اتومبیل و انسان) در داخل تالاب	حفر چاه در داخل تالاب	سیل و رسوبگذاری	فعالیت کشاورزی و تغییر مسیر آب در افغانستان	تغییر فیزیوگرافی و انحراف مسیر رودخانه های منتهی به تالاب	سد سازی در بالادست (افغانستان)	تامین برق و افزایش ارتفاع سد کجکی	مدیریت ناصحیح آب در منطقه	عدم تامین حقابه تالاب	دیپلماسی ناپایدار آب	تبدیلزمین های بایر به کشاورزی در
خشکی‌زی	۶	۴	۰	۰	۰	۳	۳	۰	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۹	۰	۰
بن در آب	۱۸	۱۲	۰	۰	۰	۱۸	۶	۰	۶	۱۸	۱۲	۱۸	۲	۱۸	۱۸	۰	۶
غوطه‌ور	۱۸	۱۲	۰	۰	۰	۱۸	۶	۰	۶	۱۸	۱۲	۱۸	۲	۱۸	۱۸	۰	۶
شناور	۱۸	۱۲	۰	۰	۰	۱۸	۶	۰	۶	۱۸	۱۲	۱۸	۲	۱۸	۱۸	۰	۶
برگ شناور	۱۸	۱۲	۰	۰	۰	۱۸	۶	۰	۶	۱۸	۱۲	۱۸	۲	۱۸	۱۸	۰	۶
آبزیان	۱۸	۱۲	۰	۰	۰	۱۸	۶	۰	۶	۱۸	۱۲	۱۸	۲	۱۸	۱۸	۰	۶
دوزیستان	۱۲	۸	۰	۰	۰	۰	۶	۰	۶	۰	۱۲	۱۸	۲	۱۸	۱۸	۰	۶
خزندگان	۱۲	۸	۰	۰	۰	۰	۶	۰	۶	۰	۱۲	۱۸	۲	۱۸	۱۸	۰	۶
پرندگان	۱۸	۱۲	۶	۶	۶	۰	۶	۰	۶	۰	۱۲	۱۸	۲	۶	۱۸	۰	۶
پستانداران	۱۲	۸	۰	۰	۰	۰	۶	۰	۶	۰	۱۲	۱۸	۲	۱۸	۱۸	۰	۶
زیستگاه حیات وحش	۲۷	۲۷	۲۷	۰	۲۷	۹	۲۷	۰	۹	۹	۶	۲۷	۳	۲۷	۲۷	۰	۹
تنوع‌زیستی	۲۷	۲۷	۲۷	۰	۲۷	۹	۲۷	۰	۹	۹	۶	۲۷	۳	۲۷	۲۷	۰	۹
مناطق حساس بوم‌شناختی	۱۸	۱۸	۱۸	۰	۱۸	۹	۱۸	۰	۲	۶	۴	۱۸	۲	۱۸	۱۸	۰	۶
حفظ ذخایر ژنتیکی گیاهان	۲۷	۶	۹	۹	۱۸	۲۷	۲۷	۰	۰	۰	۰	۲۷	۲۷	۰	۲۷	۰	۰
تامین آب دامداری و دامپروری	۲۷	۶	۹	۹	۱۸	۰	۰	۰	۰	۹	۰	۲۷	۹	۰	۲۷	۰	۰
حفظ و نگهداشت آب	۲۷	۶	۹	۹	۱۸	۲۷	۲۷	۰	۰	۰	۰	۲۷	۹	۰	۲۷	۰	۱۸
کنترل مخاطرات طبیعی	۲۷	۶	۹	۹	۱۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷	۹	۰	۲۷	۰	۰
کنترل گرد و غبار و نشبیت خاک	۲۷	۶	۲۷	۰	۰	۲۷	۲۷	۰	۲۷	۰	۰	۲۷	۹	۰	۲۷	۰	۹
تلطیف هوا	۲۷	۶	۲۷	۰	۰	۲۷	۲۷	۰	۲۷	۰	۰	۲۷	۹	۰	۲۷	۰	۹
پایداری اکوسیستم	۲۷	۱۸	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۱۸	۹	۲۷	۱۸	۲۷	۹	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷
صیادی	۲۷	۰	۰	۰	۱۸	۰	۰	۰	۹	۰	۰	۲۷	۹	۱۸	۲۷	۰	۰
دامداری و دامپروری	۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹	۰	۰	۲۷	۹	۰	۲۷	۰	۰
حصیربافی و پرده‌بافی	۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴	۰	۰	۱۸	۶	۱۲	۱۸	۰	۰
گردشگری	۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹	۹	۰	۰	۰	۰
شکار پرنده	۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹	۹	۰	۰	۰	۰
کارکرد مذهبی (در بین همه ادیان)	۶	۴	۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹	۳	۰	۰	۰	۰
کارکرد تاریخی و باستان‌شناسی	۱۲	۸	۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲	۶	۰	۰	۰	۰
کنوانسیون رامسر سایت	۲۷	۰	۰	۰	۲۷	۲۷	۲۷	۱۸	۰	۹	۲۷	۱۸	۹	۲۷	۲۷	۲۷	۱۸
پناهگاه حیات وحش	۲۷	۰	۰	۰	۲۷	۲۷	۲۷	۱۸	۰	۹	۲۷	۱۸	۹	۲۷	۲۷	۲۷	۱۸
ذخیره‌گاه زیست‌کره	۲۷	۰	۰	۰	۲۷	۲۷	۲۷	۱۸	۰	۹	۲۷	۱۸	۹	۲۷	۲۷	۲۷	۱۸
احساس تعلق خاطر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۸	۱۲	۲۷	۹	۲۷	۰	۰	۰
تختک‌ها	۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷	۹	۲۷	۲۷	۰	۰
ایستگاه تحقیقاتی محیط‌زیست در مجاورت تالاب	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مهاجرت	۲۷	۰	۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۸	۱۲	۲۷	۹	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷
حفظ مرز و کاهش تهدیدهای امنیتی	۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷	۲۷	۰
پژوهشی	۲۷	۰	۲۷	۰	۰	۲۷	۲۷	۰	۰	۱۸	۰	۲۷	۹	۲۷	۲۷	۰	۱۸

بحث و نتیجه گیری

ارزیابی آسیب‌پذیری رویکردی است که اطلاعات و راهنمایی لازم برای حفظ ارزش‌های چندگانه تالاب‌های در معرض تغییرات نامطلوب محیطی را در اختیار قرار می‌دهد. تالاب بین‌المللی هامون از سال ۲۰۰۰ تاکنون تحت تاثیر شدید تغییرات اقلیمی قرارگرفته است به‌طوری‌که در این مدت میانگین دما به میزان یک درجه سانتی‌گراد افزایش و میانگین بارش به میزان ۴۰ درصد کاهش یافته است و در نتیجه آن میانگین وسعت آن حدود ۶۰درصد تقلیل یافته است (Maleki et al., 2019 و کرمی، ۱۳۹۹). تحت تاثیر این تغییرات خدمات و ارزش‌های اکوسیستمی تالاب دچار آسیب و تخریب شده‌اند.

براساس نتایج به‌دست آمده این مطالعه مهم‌ترین عامل تهدیدگر طبیعی تغییر اقلیم و خشکسالی است که بر همه ارزش‌های تالاب تاثیر گذاشته است. نتایج مطالعات رحیمی‌بلوچی بر تالاب بین المللی شادگان (۱۳۹۲)، جهانی‌شکیب و همکاران (۱۳۹۶) بر تالاب چغاخور و کیان‌پور و همکاران (۱۴۰۰) بر تالاب میانگران در ایران، و تالاب های آب شیرین در آتلانتیک میانی همسو با نتیجه مطالعه حاضر بوده‌اند و تغییر اقلیم را عامل آسیب‌زای اصلی معرفی کرده‌اند (Wardrop et al., 2019). همچنین ارزیابی آسیب‌پذیری تالاب Rupa در نپال نشان‌داد که ارزش‌هایی چون گیاهان آبزی، جانوران خشکی‌زی، تنوع‌زیستی، فعالیت‌های کشاورزی و شیلاتی، و سایر خدمات فرهنگی و توریستی این تالاب در حد متوسط تحت تاثیر تهدیداتی چون آلودگی آب با کودهای شیمیایی و صنعتی، مواد زائد و رسوب‌گذاری قرارگرفته‌اند (Stratford et al., 2011). نتیجه ارزیابی آسیب پذیری تالاب های حوضه آبریز Punarbhaba براساس شاخص‌های فیزیکی چون فرکانس حضور آب، فرکانس وقوع سیل، تغییرات کاربری کشاورزی در دوره قبل و پس از احداث سد نشان دهنده آنست که همه شاخص‌ها پس از احداث سد وضعیت وخیم تری پیدا کرده اند (Pal and Taluledar, 2018). آسیب پذیری فاکتورهای اثرگذار بر محصولات شیلاتی ۱۵ تالاب در حوضه آبریز فرامرزی هند و بنگال با استفاده از نظرات ذی نفعان ارزیابی شد و نتایج نشان داد که کاهش تنوع و غنای گونه‌ای و آشفتگی‌های تولید مثلی که هر دو در اثر تغییرات اقلیمی به وجود آمده‌اند مهم‌ترین تهدیدات وضعیت شیلات این حوضه‌ها می‌باشند (Naskar et al., 2022). آسیب پذیری ارزش های اکولوژیکی تالاب‌های حوضه آبخیز رودخانه زرد در چین با روش فشار، پشتیبانی، وضعیت – پاسخ نشان داد که میزان آسیب‌پذیری تالاب ها طی سالهای ۲۰۱۴-۲۰۰۵ تغییر معنی‌داری نکرده است و برای جلوگیری ازتخریب باید حفاظت بیشتری از تالاب‌هاصورت‌گیرد (Zhan et al., 2017).

بنابراین می‌توان گفت دو عامل اصلی ایجاد آسیب در تالاب‌ها تغییر اقلیم و مدیریت نادرست منابع آب در حوضه آبریز تالابهاست. در مورد تالاب بین‌المللی هامون نیز همین دو عامل باعث آسیب شدید به همه خدمات و ارزش‌های اکولوژیکی، هیدرولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی شده‌اند. از آنجایی که منابع آب تامین کننده تالاب هامون در خارج از مرزهای ایران قراردارند و حق‌آبه تالاب به دلیل سدسازی، احداث و تکمیل سیستم‌های آبیاری-زهکشی و تغییر مسیر و انحراف آب در حوضه بالادست هلمند در کشور افغانستان تامین نمی‌شود مهمترین راهکار مدیریتی تامین حق‌آبه تالاب از طریق مذاکرات دیپلماتیک فی‌مابین دو کشور می باشد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر، حاصل طرح پژوهشی به شماره PR-RIOZ-1401-1316-1 با حمایت مالی پژوهشگاه زابل می‌باشد. لذا نویسندگان مقاله از پژوهشگاه مذکور سپاسگزاری می نمایند.

منابع

۱. جلالی،م.، تقی زاده، ز.، و شفیعی، ش. ۱۳۹۸. ارزیابی قابلیت های اکولوژیکی تالاب هامون جهت توسعه فعالیت های بوم گردی با استفاده از مدل SWOT و AHP. نشریه فضای جغرافیایی. ۱۹ (۶۵): ۱۵-۱.

۲. جهانی شکیب، ف.، ملک محمدی، ب.، زبردست، ل.، و عادلی، ف. ۱۳۹۳. بررسی قابلیت و کاربرد خدمات اکوسیستمی به عنوان شاخص های اکولوژیکی در مدل DPSIR (مطالعه نمونه: تالاب چغاخور). پژوهش های محیط زیست. ۵ (۱۰): ۱۰۹-۱۲۰.

۳. جهانی شکیب، ف.، ملک‌محمدی، ب.، یوسفی روبیات، ا.، و عالی پور، م. ۱۳۹۶. تدوین راهبردهای مدیریتی به کمک روش نوین ارزیابی آسیب‌پذیری اکوسیستم‌های تالابی (مطالعه نمونه: تالاب چغاخور). علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۹ (۵): ۳۷۸-۳۹۱

۴. دهمرده، م و شهرکی، ج. ۱۳۹۴. ارزیابی اقتصادی خسارات ناشی از خشکی تالاب هامون بر اکوسیستم گیاهی و جانوری تالاب. تحقیقات اقتصاد کشاورزی.

۵. دهمرده، م. شهرکی ج. و اکبری، ا. ۱۳۹۸. ارزیابی اقتصادی خسارات زیست محیطی ناشی از خشکی تالاب هامون بر اکوسیستم منطقه سیستان. مخاطرات محیط طبیعی. ۸ (۱۹): ۲۰۹-۲۲۸.

۶. حاجی حسینی، م.ر.، حاجی حسینی، ح.ر.، شایگان، م.، مرید، س.، وطن فدا، ج. و نجفی، ع. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات کاربری اراضی پایین دست سد کجکی حوضه هیرمند افغانستان با استفاده از طبقه بندی کننده بیشترین شباهت، درخت تصمیم و ماشین های بردار پشتیبان. سنجش از دور و GIS ایران. ۵ (۴): ۶۹-۸۸.

۷. حاجی حسینی، ح.ر.، حاجی حسینی، م.ر.، نجفی، ع.، مرید، س.، و دلاور، م. ۱۳۹۳. ارزیابی تغییرات متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی در بالادست حوضه هیرمند طی سده گذشته با استفاده از داده‌های اقلیمی CRU و مدل SWAT. تحقیقات منابع آب ایران. ۱۰ (۳): ۳۸-۵۲.

۸. حاجی حسینی، م.ر.، حاجی حسینی، ح.ر.، مرید، س.، و دلاور، م. ۱۳۹۴. بررسی تغییرات کاربری اراضی بر رواناب حوضه فرامرزی هلمند طی دوره ۱۹۹۰ لغایت ۲۰۱۲ میلادی با استفاده از اطلاعات ماهواره ای و مدل شبیه ساز SWAT. تحقیقات منابع آب ایران. ۱۱ (۱): ۷۳-۸۶.

۹. رحیمی بلوچی، ل. ملک محمدی، ب. ۱۳۹۲. ارزیابی آسیب‌پذیری اکوسیستم‌های تالابی براساس ارزش‌های بوم‌شناختی و هیدرولوژیکی آنها. علوم محیطی. ۱۱ (۲): ۵۵-۶۶.

۱۰. کرمی، رقیه. ۱۳۹۹. ارزیابی چند معیاره راهکارهای مدیریت مشارکتی تالاب بین المللی هامون در سناریوهای مختلف اقلیمی. پایان نامه دکتری تخصصی رشته آمایش محیط زیست. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۱۱. کیانپور، ح.، دشتی، س. و بهپاش، د. ۱۳۹۹. ارزیابی آسیب‌پذیری اکوسیستم تالاب میانگران. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. ۹ (۱): ۵۲-۴۱.

12. Acreman, M. C., Harding, R., Sullivan, C. A., Stratford, C., Farquharson, F., Rees, G., Houghton-Carr, H., Gale, I., Calow, R., MacDonald, A., Chilton, J. 2009. Review of hydrological issues on water storage in international development. Report to Centre for Ecology and Hydrology & British Geological Survey. Wallingford, UK; p. 42.

13. Afghanistan Ministry of Energy and Water. 2013. Helmand River Basin Master Plan. Phase 3: Technical Report 3: Water Resources Modelling for Helmand River Basin. Mott MacDonald, United Kingdom. 251p.

14. Akumu, C., Henry, J., Gala, T., Dennis, S., Reddy, C., Tegegne, F., Haile, S., & Archer, R. 2018. Inland wetlands mapping and vulnerability assessment using an integrated geographic information system and remote sensing techniques. Global Journal of Environmental Science and Management, 4(4), 387-400. DOI: 10.22034 /gjesm.2018.04.001.

15. Alexandersson, H. 1986. A homogeneity test applied to precipitation data. Journal of Climatology, 6: 661–675.

16. Barbier, E.B. 2011. Wetlands as natural assets. Hydrological Sciences Journal, 56(8): 1360-1373.

17. Buishand, T.A. 1981. The analysis of homogeneity of long-term rainfall records in the Netherlands. KNMI

Scientific Report WR 81-7, De Bilt, The Netherlands.
18. Copeland, H.E., Tessman, S.A., Girvetz, E.H., & Kiesecker, J. 2010. A geospatial assessment on the distribution, condition, and vulnerability of Wyoming's wetlands. Ecol. Indicat., 10(4): 869-879.
19. Detenbeck, N. E., Batterman, S. L., Brady, V. J., Brazner, J. C., Snarski, V. M., Taylor, D. L., ... & Arthur, J. W. (2000). "A test of watershed classification systems for ecological risk assessment", Environmental Toxicology and Chemistry, 19(4), 1174-1181.
20. Finlayson C.M. Vulnerability Assessment of Major Wetlands in the Asia-Pacific Region. Environmental Research Institute of the Supervising Scientist. ERISS Internal Report, Jabiru, NT 0886, Australia; 1999: 6.
21. Gitay H, Finlayson C, Davidson N. 2011. A Framework for assessing the vulnerability of wetlands to climate change. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat, and Montreal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Ramsar Technical Report no. 5: 26.
22. Gitay, H. Suarez, A. Watson, R. T. & Dokken, D., 2002. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change and Biodiversity, , IPCC Technical Paper V. WMO/UNEP, Geneva. 85.
23. Hajihosseini, H.R., Hajihosseini, M.R. Morid, S., Delavar. M., & Booij, M. 2016. Hydrological Assessment of the 1973 Treaty on the Transboundary Helmand River, Using the SWAT Model and a Global Climate Database. Water Resources Management, 30: 4681–4694.
24. Hajihosseini, M.R., Hajihosseini, H.R., Morid, S., Delavar. M., & Booij, M. 2019. Impacts of land use changes and climate variability on transboundary Hirmand River using SWAT. Water and Climate Change. https://doi.org/ 10.2166/wcc.2019.100.
25. IISD (International Institute for Sustainable Development), UNEP (United Nations Environments Programme), CARICOM (Caribbean Community), 2011. Training Modulee Achieving National and Sectoral Development Priorities: The Use of Integrated Environmental Assessment Tools for Improved MEA Implementation. http://www.iisd.org /publications.
26. IPCC, 2014. Summary for policymakers. In: Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., et al. (Eds.), 2014. Climate Change, Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 6e11.
27. Isunju, J.B., Orach, C.G., Kemp, J. 2016. Hazards and vulnerabilities among informal wetland communities in Kampala, Uganda. Environ. Urban, 28(1): 275-293.
28. Maleki, S., Soltani Koupaei, S., Soffianian, A., Saatchi, S., Pourmanafi, S., & Rahdari, V. 2019. Human and Climate Effects on the Hamoun Wetlands. Weather, Climate and Society. 11 (3): 609-622.
29. Malekmohammadi, B., and Rahimi Blouchi, L. 2014. Ecological risk assessment of wetland ecosystems using Multi Criteria Decision Making and Geographic Information System. Ecological indicators, 41, 133-144.
30. Matchett, E.L., and Fleskes, J.P. 2017. Projected impacts of climate, urbanization, water management and wetland restoration on waterbird habitat in California's Central Valley. PLoS ONE, 12: 1-23.
31. Naskar, M., Sarkar, U.K., Mishal, P., Karnatak, G., Saha, S., Bandopadhyay, A., Bakshi, S., Das Ghosh, B., and Das, B.K. 2022. Abstract Assessing vulnerability of wetland fisheries to climate change: a stakeholders' perception-based approach. Climate and Development, 14 (2):1-17.
32. Pal, S & Paul, S. 2020. Assessing wetland habitat vulnerability in moribund Ganges delta using bivariate models and machine learning algorithms. Ecological Indicators, 119: 106 -119.

33. Pal, S., and Talukda, S. 2018. Drivers of vulnerability to wetlands in Punarbhaba river basin of India-Bangladesh. Ecological Indicators, 93: 612-626.
34. Penghua, Q., Songjun X, Genzong X, Benan T., Hua B., and Longshi Y. 2007. "Analysis of the ecological vulnerability of the western Hainan Island based on its landscape pattern and ecosystem sensitivity", Acta Ecol. Sin; 27:1257–64.
35. Pettitt A.N. 1979. A non-parametric approach to the change-point detection. Applied Statistics 28: 126–135.
36. Pirali Zefrehei, A.R., Hedayati, A., Pourmanafi, S., Beyraghdar Kashkooli O., and Ghorbani, R. 2019. Environmental vulnerability assessment of Choghakhor International Wetland during 1985 to 2018. Wiley, 39: 49 -60.
37. Rawat, J.S., and Kumar, M. 2015. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. Egypt. J. Rem. Sens. Space Sci., 18(1): 77-84.
38. Reid, W., Mooney, H.A., Cropper, A. 2005. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington.
39. Seeling, B., Dekeyser, D. 2006. Water Quality and Wetland Function in the Northern Prairie Pothole. North Dakota State University, Fargo, ND 58105: 30.
40. Stratford C.J., Acreman M.C., Rees, H.G. 2011. A simple method for assessing the vulnerability of wetland ecosystem services. Hydrological Sciences Journal. 56(8): 1485-1500.
41. Torbick, N., and Salas, W. 2014. Mapping agricultural wetlands in the Sacramento Valley, USA with satellite remote sensing. Wet. Ecol. Manage, 23: 79-94.
42. Von Neumann J. 1941. Distribution of the ratio of the mean square successive difference to the variance. Annals of Mathematical Statistics 13: 367–395.
43. Wardrop, D., A. Hamilton, M. Nassry, J. West and Britson, A. 2019. Assessing the relative vulnerabilities of Mid -Atlantic freshwater wetlands to projected hydrologic changes. Ecosphere, 10 (2): 1 -30
44. West J, and Babson A. 2010, Wetlands vulnerability assessments in support of management adaptation planning. Office of Research and Development National Center for Environmental Assessment, Global Change Research Program. US EPA; 2010: 22.
45. Wijngaard, J.B., Klein, A.M. G. T., and Können, G.P. 2003. Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. International Journal of Climatology, 23(6), 679-692. doi 10.1002/ joc.906
46. Williams L.R.R., Kapustka, L.A. 2000. "Ecosystem vulnerability: a complex interface with technical components", Environ Toxicol Chem; 19:1055-8.
47. Yang H, sun H, Jiao L, Chen X. 2010. Assessment on the Ecological Vulnerability of Wetland of China Irtysh river valley. Conference on Environmental Science and Information Application Technology: 764-767.
48. Zhang, X., Wang, L., Fu, X. and Xu, C. 2017. Ecological vulnerability assessment based on PSSR in Yellow River Delta. Cleaner Production, 167: (1106-1111