



Biological degradation assessment of the Chahnimeh reservoir in Sistan using an ecological degradation model

Mohadeseh Miri¹ | Meysam Amiri²

1. Corresponding Author, Department of Natural Ecosystems Management, Hamoun International Wetland Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: mirimohadesea@yahoo.com

2. Department of Water Resources, Hamoun International Wetland Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: meysam65@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	<p>The environmental degradation model is an environmental impact assessment method that analyzes and quantitatively quantifies the effects of human activities and ecological changes on the environment. Regarding the importance of Sistan's Chah-Nimeh in the region, this study aims to evaluate the degradation of the Chah-Nimeh of Sistan using the Makhdom Ecological Demonstration Model (2002). After dividing the Chah-Nimeh into 28 cells of 50 ha and separating the area of the Chah-Nimeh into three affected areas, including the educational and recreational complex of Baqiyatullah Azam, the agricultural lands of the city, the reproduction and cultivation center of fisheries, and the agricultural lands of Qale Nou, water sampling was performed from 12 points affecting water quality. Physical and chemical factors of water, including biological oxygen, chemical oxygen, total soluble solids, nitrate, nitrite, acidity, alkalinity, phosphate, electrical conductivity, and sulfate were measured as sources of destruction and effects on aquatic life. Physiological density was also obtained by dividing the villagers around the Chah-Nimeh to a radius of 2000 m in each working network on the extent of the land to be exploited in each area. The results obtained and data collection using aquaculture standards indicate that the total area of Chah-Nimeh is classified as an area requiring reconstruction. Accordingly, 21 networks covering 75% of the area have 5–14.99 degradation factors. In addition, seven networks are located in the northern part of the semi-well (affected area of agricultural lands of the city and the reproduction and cultivation center of fisheries), with 25% of the area in the range of 15–19.99 degradation, which requires priority reconstruction.</p>
Article history: Received 18 February 2024 Received in revised form 29 March 2024 Accepted 01 April 2024 Published online 31 August 2024	
Keywords: <i>Biological degradation,</i> <i>Chah-Nimeh,</i> <i>Sistan,</i> <i>Water quality,</i> <i>Makhdom model.</i>	
Cite this article: Miri, M., & Amiri, M. (2024). Biological degradation assessment of the Chahnimeh reservoir in Sistan using an ecological degradation model. <i>Journal of Natural Environment</i> , 77 (2), 325-339. DOI: http://doi.org/10.22059/jne.2024.372779.2652	

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2024.372779.2652>

ارزیابی میزان تخریب زیستی چاه نیمه یک سیستان با استفاده از مدل تخریب اکولوژیک

محدثه میری^۱ | میثم امیری^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: mirimohadesea@yahoo.com
۲. گروه منابع آب، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: meysam65@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	مدل تخریب محیط‌زیست یکی از روش‌های ارزیابی محیط‌زیستی است که آثار فعالیت‌های انسانی و تغییرات اکولوژیک را بر محیط‌زیست تحلیل می‌کند و مقدار آن را به صورت کمی نشان می‌دهد. با توجه به اهمیت چاه نیمه-های سیستان در منطقه، هدف از این مطالعه ارزیابی تخریب چاه نیمه یک سیستان با استفاده از مدل تخریب اکولوژیک می‌باشد. بنابراین پس از سلول‌بندی ۲۸ گانه این چاه نیمه در قالب سلول‌های ۵۰ هکتاری و تقسیم مساحت چاه نیمه به سه ناحیه تحت تأثیر شامل مجتمع بقیه‌الله الاعظم، اراضی کشاورزی شهر، مرکز تکثیر و پرورش شیلات و اراضی کشاورزی قلعه‌نو، نمونه‌برداری آب از ۱۲ نقطه تأثیرگذار بر کیفیت آب انجام شد. فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی آب از جمله اکسیژن زیستی، اکسیژن شیمیایی، کل جامدات محلول، نترات، نیتريت، اسیدیته، قلیائیت، فسفات، هدایت الکتریکی و سولفات به‌عنوان منابع تخریب و مؤثر بر حیات آبریان مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تراکم فیزیولوژیک نیز از تقسیم بهره‌برداران روستاهای اطراف چاه نیمه تا شعاع ۲۰۰۰ متر موجود در هر شبکه کاری بر وسعت زمین‌های قابل بهره‌برداری در هر ناحیه به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده و سنجش داده‌ها با استانداردهای آبی‌پروری نشان می‌دهد که کل مساحت چاه نیمه یک، جزء مناطق نیازمند بازسازی طبقه‌بندی می‌گردد. بر این اساس ۲۱ شبکه که ۷۵ درصد مساحت را پوشش می‌دهد در دامنه ضریب تخریب ۱۴/۹۹-۵ قرار گرفته‌اند. همچنین ۷ شبکه شامل مناطق شمالی چاه نیمه (ناحیه تحت تأثیر اراضی کشاورزی شهر و مرکز تکثیر و پرورش شیلات) با ۲۵ درصد مساحت در دامنه ضریب تخریب ۱۹/۹۹-۱۵ قرار گرفته که نیازمند به بازسازی با اولویت می‌باشند.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۹	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۱۰	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۳	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۱۰	
کلیدواژه‌ها: تخریب زیستی، چاه نیمه، سیستان، کیفیت آب، مدل مخدوم.	

استناد: میری، محدثه؛ و امیری، میثم (۱۴۰۳). ارزیابی میزان تخریب زیستی چاه نیمه یک سیستان با استفاده از مدل تخریب اکولوژیک. محیط زیست طبیعی، ۷۷ (۲)، ۳۲۵-۳۳۹.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2024.372779.2652>



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

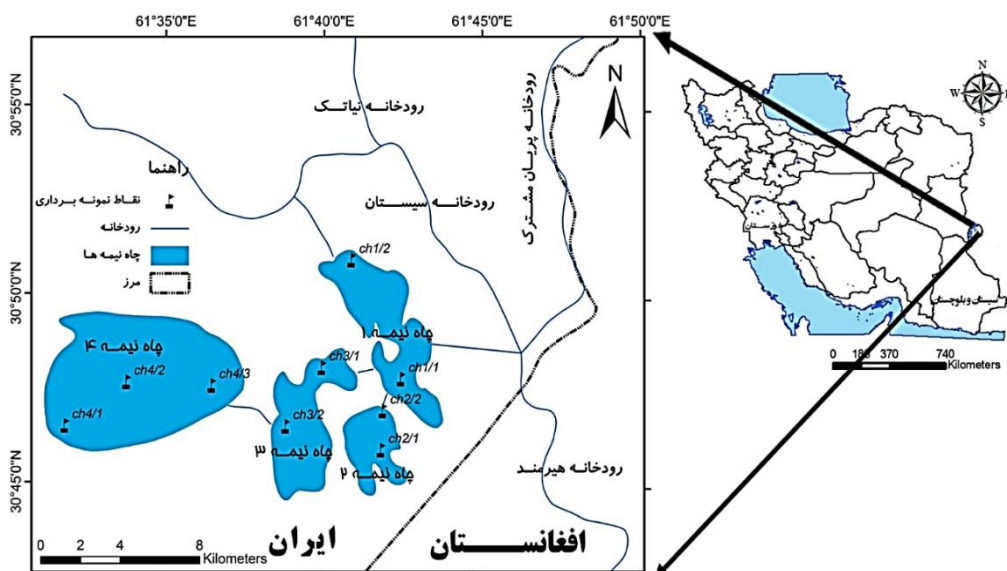
رودخانه‌ها و منابع آب شیرین از گسترده‌ترین و شاخص‌ترین اکوسیستم‌ها هستند. این سیستم‌های پویا، چالش‌های متعددی برای تحقیقات علمی، پایش، مدیریت، ارزیابی اجتماعی و حتی سیاست‌های دولت ایجاد کرده‌اند (Nazmi et al., 2013). مدل تخریب محیط‌زیست نیز در واقع یکی از روش‌های ارزیابی آثار محیط‌زیستی است که آثار تجمعی فعالیت‌های انسانی و محیطی را در مقیاس منطقه‌ای یا آبخیز تحلیل و مقدار آن را به صورت کمی بیان می‌کند. مدل تخریب در دسته‌بندی کلی مدل‌ها، جزء مدل‌های اطلاعاتی برای مدیریت کلان در منابع طبیعی محسوب می‌شود. این نوع مدل از نوع تجزیه تحلیل سیستمی است و در ساختار آن از شیوه مدل‌سازی ریاضی بهره گرفته شده است (Ebrahimi et al., 2022). مدل مخدوم برای اولین بار توسط Makhdoum (۱۹۹۳) معرفی و برای ارزیابی آثار توسعه بر محیط‌زیست مورد استفاده قرار گرفت (Mansouri and Makhdoum, 1999). همچنین این مدل در مطالعاتی چون Mansouri و Makhdoum (۱۹۹۹)، Safaeian و همکاران (۲۰۰۲)، Chamani و همکاران (۲۰۰۵)، Heidari Masteali و همکاران (۲۰۱۵)، Rezazadeh و همکاران (۲۰۱۹) و Ebrahimi و همکاران (۲۰۲۲) ذکر کرد. در مدل تخریب، ورودی شامل فعالیت‌های انسانی، محیطی و آسیب‌پذیری اکولوژیک و فرآیندهای آنها نسبت به شدت فعالیت‌ها و توان محیطی می‌باشد. در مقابل خروجی مدل میزان تخریب محیطی و واحدهای اکوسیستمی است (Khzaei and Azari, 2008). براساس تعریف، آسیب‌پذیری درجه‌ای است که یک سیستم، زیر سیستم یا اجزای آن بر اثر قرارگیری در برابر عوامل محرک بیرونی عملاً خسارت می‌بیند. ابتدا میزان آسیب‌پذیری اکولوژیک به صورت کیفی و براساس استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست (EPA) بر حیات آبیان تعیین می‌شود (Nazmi et al., 2013). مهمترین عوامل مؤثر بر حیات آبیان تغییرات فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب اکوسیستم‌هاست؛ که باعث تغییر کیفیت آب اکوسیستم نیز می‌شود. کیفیت آب اکوسیستم‌ها تحت تأثیر ضایعات آلی حاصل از تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی-کشاورزی، انباشته شدن آب‌های سطحی ناشی از مواد غذایی و آلی نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای، مناطق آبیاری شده‌ای که تحت تأثیر آب‌های برگشتی از آب آبیاری آلوده و شور شده‌اند، حاصلخیزکننده‌ها و آفت‌کش‌ها، آلوده‌کننده آب‌های سطحی و زیرزمینی و فاضلاب‌های صنعتی شامل گستره‌ای از مواد آلی و غیر آلی می‌باشد که باعث برهم خوردن تعادل کیفی آب دریاچه‌ها می‌شود (Mousavian et al., 2014). اولین مطالعه‌ای که این مدل را از محیط خشکی به پهنه آبی تعمیم داد، مطالعه Nazmi و همکاران (۲۰۱۳) برای تعیین میزان تخریب زیستی تالاب بین‌المللی انزلی بود.

رودخانه هیرمند، سدها و کانال‌های انشعاب آب از آن به اضافه چاه نیمه‌های چهارگانه سیستان با حجم بیش از ۱/۲ میلیارد مترمکعب و عمق متوسط ۱۵ متر تأمین‌کننده آب شرب و کشاورزی منطقه را آبرگیری می‌نماید. چاه نیمه‌ها گودال‌های طبیعی هستند که بخشی از آن‌ها آب‌های مازاد مصرف رودخانه هیرمند در فصول پر آب زمستان و بهار را جمع‌آوری نموده و در فصول کم آب و پرمصرف جهت مصارف کشاورزی و شرب به منطقه ارائه می‌دهند. چاه نیمه‌های ۱، ۲ و ۳ در سال ۱۳۵۲ به منظور کنترل آب هیرمند در شهرستان زابل در نزدیکی زهک احداث گردیده‌اند. این سیستم مخزن منابع آب با ظرفیت ۶۲۰ میلیون مترمکعب آب و حجم مرده ۲۰۰ میلیون مترمکعب، تنظیم ۴۰۰ میلیون مترمکعب را بر عهده داشته است. چاه نیمه‌ها از نوع سدهای برون مسیر می‌باشند که آب را در فصل‌های پر آب از رودخانه هیرمند برداشت و ذخیره نموده و در فصول کم آب مجدداً به رودخانه هیرمند انتقال و مورد استفاده اهالی جهت شرب و مصارف کشاورزی و صنعتی قرار می‌گیرد. چاه نیمه یک با وسعت ۲۱ کیلومتر مربع به عنوان تأمین‌کننده آب رو ستاهای دشت سیستان و همچنین حوضچه رسوب‌گیر و ورودی آب چاه نیمه‌های دیگر از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد. زیرا تغییرات کیفی این چاه نیمه به دلیل ارتباط و شیب هیدرولیکی موجود با چاه نیمه‌های دیگر، بر میزان کیفیت آب آنها مؤثر می‌باشد. بنابراین کمی‌سازی میزان تخریب این اکوسیستم آبی با توجه به اهمیت آن در منطقه و حفظ حیات آبیان نیازمند بررسی میزان تخریب زیستی ناشی از فعالیت‌های انسانی و تغییرات محیطی، لازم و ضروری می‌باشد. بنابراین هدف از مطالعه حاضر استفاده از مدل تخریب اکولوژیک Makhdoum (۲۰۰۲) برای ارزیابی تخریب محیط‌زیستی و بیان میزان آسیب‌پذیری، عوامل و شدت تخریب به صورت کمی است.

روش‌شناسی پژوهش

منطقه مورد مطالعه: این تحقیق در منطقه سیستان با مساحت ۱۵۱۹۷ کیلومترمربع در محدوده جغرافیایی بین ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۰ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه عرض جغرافیایی در جنوب شرقی ایران و در شهرستان زهک در ۳۵ کیلومتری شهرستان زابل، به منظور ارزیابی چاه‌نیمه یک از لحاظ تخریب اکوسیستم در محل مخزن ذخیره آب سطحی چاه‌نیمه اجرا گردید. مخازن چهارگانه چاه‌نیمه‌ها در شهرستان زهک و در محدوده جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و ۶۱ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی قرار گرفته‌اند (شکل ۱).

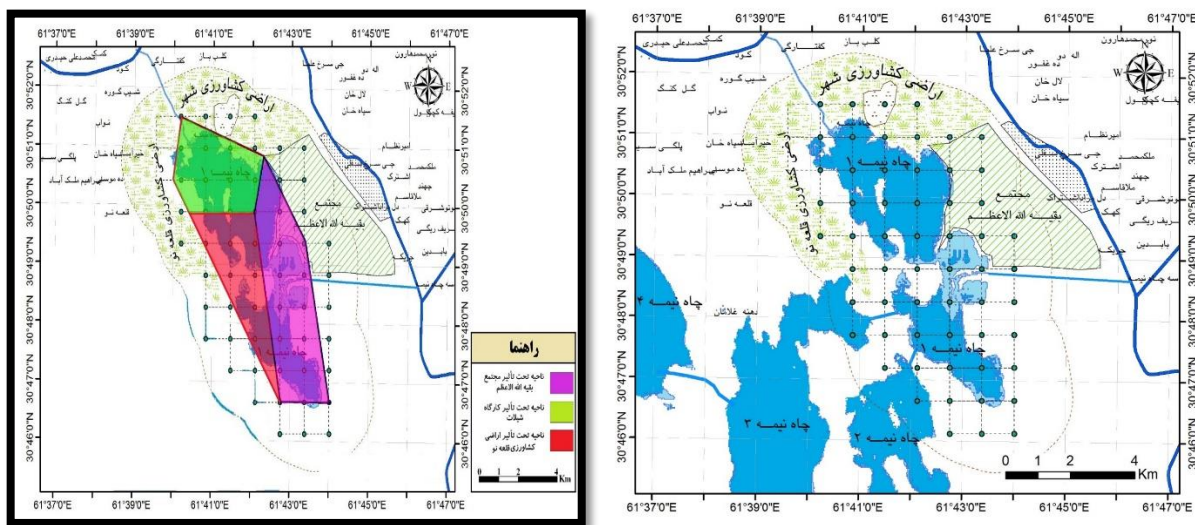
جهت تعیین محدوده مورد مطالعه اصلی این چاه‌نیمه از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده آستر ۲۰۱۶ بهره گرفته شده است. بعد از دورگیری محدوده آبی مورد مطالعه، نقشه شمایی محدوده با مقیاس ۱:۱۴۵.۲۷۷ تهیه و کل محدوده به شبکه‌های ۵۰ هکتاری برای سنجش توسط مدل تخریب شبکه‌بندی گردید (شکل ۲، الف). بدین منظور ۲۸ سلول به طول و عرض ۷۰۷ متر بر سطح چاه‌نیمه یک شبکه‌بندی شد. همچنین با توجه به تأثیر متفاوت مراکز و مجتمع‌های واقع در سواحل چاه‌نیمه یک از لحاظ تخریب اکولوژیک و وجود زمین‌های کشاورزی دارای آسیب‌پذیری بوم‌شناختی متفاوت، سطح این چاه‌نیمه به سه منطقه متمایز تقسیم‌بندی شده است (شکل ۲، ب).



شکل ۱- موقعیت چاه‌نیمه‌های سیستان

(ب)

(الف)



شکل ۲- (الف) شبکه‌بندی سطح چاه‌نیمه یک (منطقه مورد مطالعه)، (ب) ناحیه‌بندی سه‌گانه سطح چاه‌نیمه یک

مدل تخریب: رابطه ۱ تخریب عبارتست از:

$$D.C_i = \frac{\sum A_i L_i + DP_i}{E_i}$$

رابطه ۱

در این رابطه $D.C_i$ ضریب تخریب هر واحد محیط‌زیستی

A_i : عامل تخریب

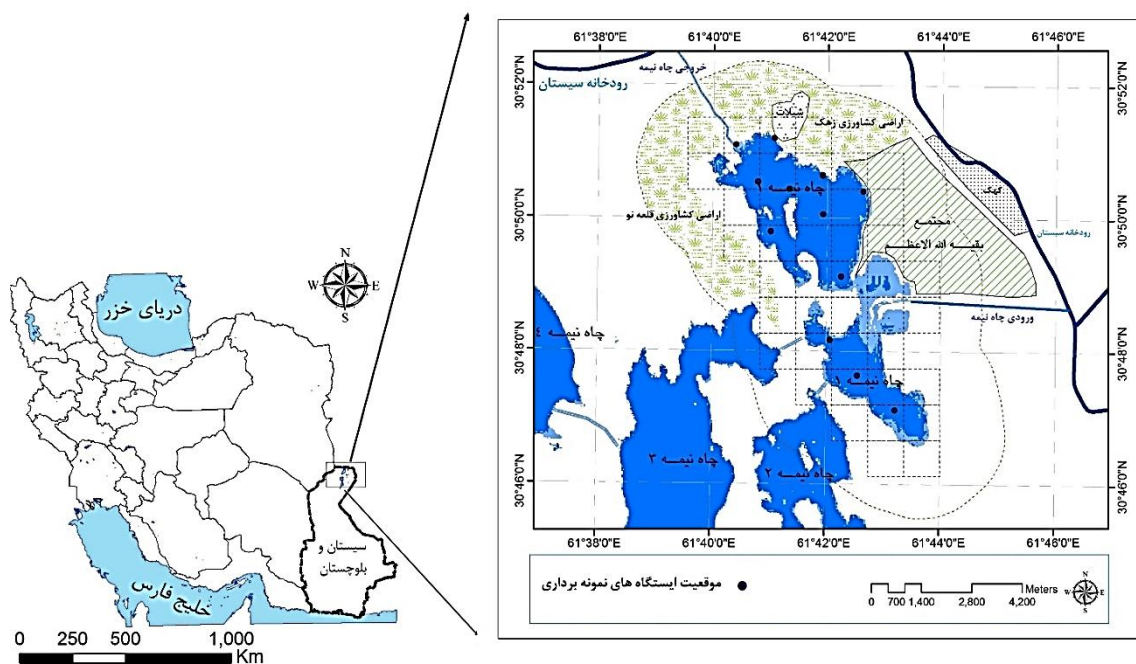
L_i : شدت عامل تخریب

DP_i : تراکم فیزیولوژیک

E_i : آسیب‌پذیری بوم‌شناختی می‌باشد.

عوامل تخریب و شدت آنها: براساس رابطه ۱، مهمترین عوامل تخریب A_i و اثرات منفی ناشی از فعالیت انسانی و محیطی در چاه‌نیمه یک تعیین و با توجه به استاندارد جهانی حیات آبریان مورد سنجش قرار می‌گیرد و اثرات منفی ناشی از فعالیت انسانی در چهار طبقه به صورت کد عددی که عبارتند از: کد (۱) تخریب ناچیز، کد (۲) تخریب متوسط، کد (۳) تخریب شدید و کد (۴) تخریب خیلی شدید دسته‌بندی می‌شود.

جهت اندازه‌گیری میزان تخریب و تعیین عوامل تخریب، نمونه‌برداری از ۱۲ ایستگاه با فاصله یک متری از سطح آب انجام شد. از هر ایستگاه سه نمونه آب برای سنجش فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی برداشت شد (شکل ۳). ظروف جمع‌آوری نمونه‌ها، تثبیت نمونه‌ها، حمل و نقل و کارهای آزمایشگاهی براساس روش‌های استاندارد و آژانس حفاظت محیط‌زیست (EPA) انجام شده است (APHA, 2002).



شکل ۳- نقاط نمونه‌برداری آب چاه‌نیمه یک

برای ارزیابی کیفیت آب پارامترهای مورد نیاز شامل pH، BOD، TDS، COD، EC، فسفات، نیترات، سختی کل، سولفات، نیتریت و نیترات اندازه‌گیری شد. در این نمونه‌ها، قابلیت هدایت الکتریکی، کل املاح جامد محلول و آب در محل نمونه‌گیری آب با استفاده از دستگاه‌های پرتابل، EC متر مدل 11 Oakton، PH متر مدل 30 Oakton و pH tester و TDS tester 11 Oakton تعیین شده است. نمونه آب جمع‌آوری شده درون بطری‌های شیشه‌ای تیره ۲۵۰ میلی‌لیتر برای سنجش سایر پارامترها به آزمایشگاه منتقل و COD با دستگاه DR5000، مدل WTW ساخت کشور آلمان و BOD براساس روش استاندارد و با استفاده از انکوباتور BOD مدل WTW TS606/2-I اندازه‌گیری شده است. پارامترهای نیترات، فسفات، نیتریت، سختی کل طبق دستورالعمل استاندارد و توسط دستگاه Palintest 8000 ساخت کشور انگلیس سنجیده شد.

تراکم فیزیولوژیک: تراکم فیزیولوژیک حاصل تقسیم جمعیت بر سطح زمین‌های قابل کشت است (Miller, 1995). تراکم فیزیولوژیک جمعیت به منظور تأثیر و واقعی نشان دادن اثر جمعیت بر روی بوم سازگان‌هاست و حاصل تقسیم تعداد افراد بر واحد سطح بدست می‌آید، برای دستیابی به تراکم فیزیولوژیک تعداد بهره‌بردارهای روستاهای اطراف چاه‌نیمه یک تا محدوده ۲۰۰۰ متر از زون آبگیر چاه‌نیمه و براساس طرح توسعه شهری (طرح هادی) با استفاده از آمار سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران بر سطح زمین زمین‌های قابل کشت (هکتار) محاسبه می‌شود.

برآورد درجه آسیب‌پذیری بوم‌شناختی: جهت برآورد آسیب‌پذیری، کلیه شبکه‌ها با توجه به تعداد پیراسنجه‌ها (فاکتورهای مورد سنجش) و دامنه اعداد به‌دست آمده در چهار طبقه درجه‌بندی شد (جدول ۱). نحوه عمل بدین‌صورت است که، تفاضل مجموع حداقل و مجموع حداکثر کدهای محدودیت شبکه‌ها در چهار طبقه تقسیم می‌شود سپس عدد نهایی به‌دست آمده به حداقل مجموع کدهای محدودیت هر طبقه اضافه می‌شود. برای درک آسان‌تر درجه‌بندی آسیب‌پذیری بوم‌شناختی هر شبکه رابطه ۲ ارائه شده است.

$$E = \frac{\sum(a-b)}{4} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه E: عدد افزایش هر طبقه

$\sum a$: مجموع حداکثر درجه‌های کدهای محدودیت پیراسنجه‌ها (بزرگترین عدد آسیب‌پذیری)

$\sum b$: مجموع حداقل درجه‌های کدهای محدودیت پیراسنجه‌ها (کوچکترین عدد آسیب‌پذیری)

عدد ۴، چهار طبقه یا چهار کلاس آسیب‌پذیری است.

$\sum(a-b)$ تفاضل مجموع حداقل و حداکثر کدهای محدودیت پیراسنجه‌ها در شبکه‌هاست. در نهایت عدد افزایش هر طبقه

(E) به حداقل مجموع کدهای محدودیت هر طبقه اضافه می‌شود.

برآورد ضرایب تخریب: با تعیین عوامل تخریب، تراکم فیزیولوژیک و درجه آسیب‌پذیری بوم‌شناختی در کلیه شبکه‌های واحد کاری کدهای مربوطه وارد برنامه اکسل در رایانه می‌گردد. سپس مدل تخریب به برنامه‌نویسی نوشته شده که پس از دادن اطلاعات و اجرای برنامه ضرایب تخریب کلیه شبکه‌ها مورد محاسبه قرار خواهد گرفت که با توجه به جدول فازی طبقه‌بندی ضرایب تخریب در ۶ طبقه مورد سنجش قرار می‌گیرد (جدول ۲).

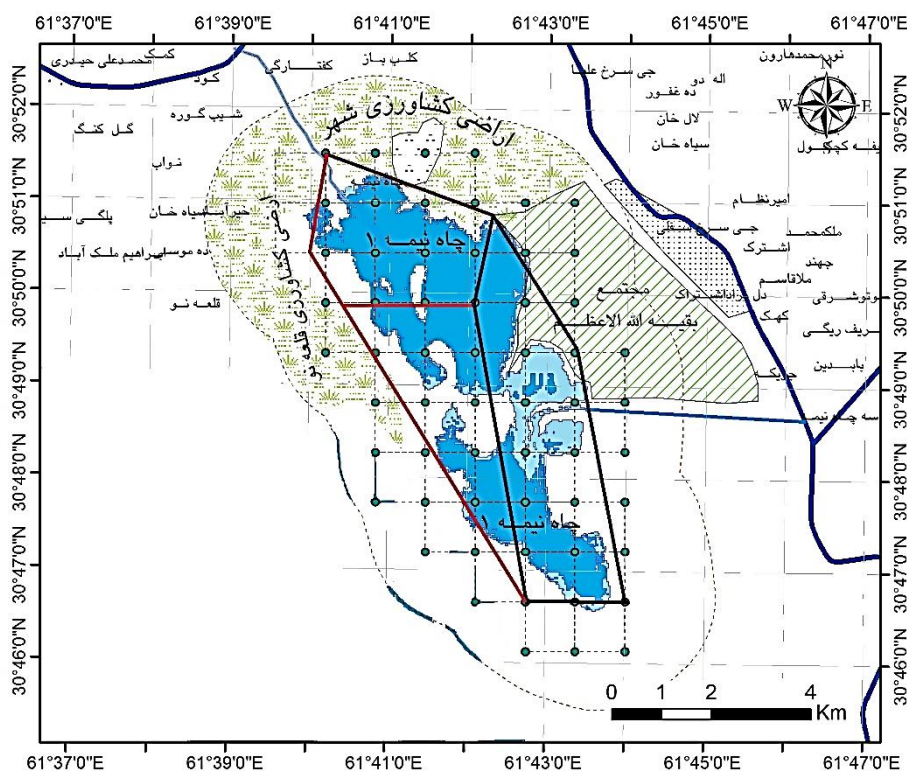
جدول ۲- جدول فازی تصمیم‌گیری Makhdoum (۲۰۰۲)

تصمیم‌گیری	دامنه ضریب تخریب	طبقه‌بندی
مستعد	۱/۳۳-۴/۹۹	۱
	۵-۱۴/۹۹	۲
نیازمند بازسازی	۱۵-۱۹/۹۹	۳
	۲۰/۵۶-۲۹/۹۸	۴
	۳۰-۴۷	۵
نیازمند اقدام‌های حفاظتی	۴۷/۲۱-۷۳/۴۹	۶

جدول ۱- طبقه‌بندی آسیب‌پذیری بوم‌شناختی

میزان آسیب‌پذیری	دامنه آسیب‌پذیری	درجه آسیب‌پذیری
مقاوم	۸-۱۵/۲۵	۴
نیمه‌حساس	۱۵/۲۶-۲۲/۵	۳
حساس	۲۲/۶-۲۹/۷۵	۲
آسیب‌پذیر	۲۹/۷۶-۳۷	۱

دامنه تخریب با مقایسه پارامترهای فیزیکی و شیمیایی با میزان استاندارد آبی‌پروری آن فاکتور در هر شبکه و ناحیه به‌صورت متمایز با شبکه‌های دیگر محاسبه و میزان آن تعیین می‌گردد (شکل ۴). که در نهایت هر شبکه در نواحی مستعد تا نیازمند اقدام‌های حفاظتی با توجه به دامنه تخریب طبقه‌بندی می‌گردد. با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS آنالیزهای آماری مربوط به مقایسه میزان پارامترهای فیزیکی و شیمیایی بین ایستگاه‌ها در چاه‌نیمه صورت می‌پذیرد. بعد از مشخص نمودن نرمال بودن داده‌ها، از آزمون واریانس یک‌طرفه و پس از آزمون دانکن استفاده می‌شود.



شکل ۴- شماره‌گذاری شبکه‌های مورد مطالعه

یافته‌های پژوهش

نتایج آزمایش‌های پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از محل نمونه‌برداری تعیین و شبکه‌بندی‌های ۵۰ هکتاری پهنه آبی چاه‌نیمه یک از ۱ تا ۲۸ شماره‌گذاری شده (شکل ۴) و ناحیه‌بندی بوم‌شناختی نیز بر این سلول‌بندی‌ها اعمال شده است. با پهنه‌بندی نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب بر سطح چاه‌نیمه و مقایسه رنگ‌بندی هر سلول با استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست (EPA) بر حیات آبیان (جدول ۳)، میزان تخریب پارامتر مشخص و در نهایت نسبت مجموع آنها محاسبه و با تراکم فیزیولوژیک جمع و بر آسیب‌پذیری هر ناحیه سه‌گانه محاسبه شده و دامنه تخریب هر سلول به صورت متمایز تعیین شد.

پهنه‌بندی فاکتور هدایت الکتریکی در چاه‌نیمه یک در شکل ۵ (الف) نشان داده شده است. نتایج نشان‌دهنده تغییرات آن در سطح چاه‌نیمه می‌باشد به طوری که میزان آن در نواحی غربی چاه‌نیمه بیشتر از نواحی شرقی می‌باشد. این نواحی تحت تأثیر اراضی کشاورزی منطقه قلعه‌نو می‌باشند. همچنین ایستگاه پمپاژ آب تصفیه‌خانه روستای سیستان نیز در این ناحیه قرار گرفته است. اما نواحی نزدیک مجتمع بقیه‌الله الاعظم و نزدیک دهانه ورودی آب چاه‌نیمه دارای هدایت الکتریکی کمتری نسبت به دیگر نقاط می‌باشند. نقاط جنوبی چاه‌نیمه نیز دارای هدایت الکتریکی یکنواختی نسبت به نیمه شمالی می‌باشد و هدایت الکتریکی متوسطی نسبت به آن دارد. با توجه به ورود آب همزمان با نمونه‌برداری مرحله اول، نیمه شرقی و نزدیک به ورودی جریکه، دارای آب تازه‌تری بوده و دارای هدایت الکتریکی پایین‌تری نسبت به بخش‌های غربی خصوصاً در نیمه شمالی این چاه‌نیمه که فاصله بیشتری تا ورودی آب دارد، می‌باشد.

جدول ۳- استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست (EPA) بر حیات آبیان

منبع (آبزی پروری)	استاندارد آبی پروری	استاندارد EPA	واحد اندازه گیری	فاکتور
Santhosh and Singh, 2007	۷/۸-۵/۵	۷-۹	-	pH
Boyd, 1998	<۴۰۰	-	mg/l	TDS
Santhosh and Singh, 2007	<۰/۱	<۰/۰۳	mg/l	Nitrite
Santhosh and Singh, 2007	۰/۴-۱	<۱۱	mg/l	Nitrate
Buttner <i>et al.</i> , 1993	۱۰۰-۱۵۰	۰-۱۵۰	mg/l	Alkalinity
Stone and Thomforde, 2003	۳۰-۱۸۰	<۲۰۰	mg/l	TH
Boyd, 1998	<۴۳۰	<۳۵۰	mg/l	Sulphate
Stone and Thomforde, 2003	۰/۱۰۰-۵/۰۷	<۰/۷	mg/l	Phosphate
Stone and Thomforde, 2003	۱۰۰-۲۰۰۰	<۲۳۰۰	µmhos/Cm	EC
Garg <i>et al.</i> , 2010	۸۰-۴۰	<۴۰	mg/l	COD
Bhatnagar <i>et al.</i> , 2013	۳-۵	<۷	mg/l	BOD ₅

پهنه‌بندی اسیدیته در سطح چاه‌نیمه یک نشان‌دهنده میزان بالای این فاکتور بخش‌های تحت تأثیر کارگاه شیلات و اراضی کشاورزی قلعه‌نو می‌باشد. روند تغییرات اسیدیته نیز مانند هدایت الکتریکی از شرق به غرب چاه‌نیمه افزایش می‌یابد. اما در نیمه جنوبی چاه‌نیمه و در محل خروجی‌های آب چاه‌نیمه یک به چاه‌نیمه‌های دو و سه، میزان اسیدیته کمتر از نیمه شمالی می‌باشد. همچنین روند تغییرات طولی نیز نشان‌دهنده افزایش این فاکتور از جنوب به شمال می‌باشد (شکل ۵ (ب)). نتایج بررسی میزان پراکنش اسیدیته در چاه‌نیمه و مقایسه این فاکتور با میزان استاندارد محیط‌های مناسب آبی‌پروری، نشان می‌دهد که این فاکتور در آب چاه‌نیمه در حد بهینه و استاندارد برای آبی‌پروری قرار دارد.

نتایج پهنه‌بندی میزان قلیائیت در شکل ۵ (پ) نشان می‌دهد که این فاکتور در نزدیکی ایستگاه شیلات در بیشترین حد خود در مقایسه با سایر نقاط چاه‌نیمه می‌باشد. نیمه شمالی چاه‌نیمه نیز نسبت به نیمه جنوبی از قلیائیت بالاتری برخوردار می‌باشد. به تدریج با حرکت از نیمه شمالی به نیمه جنوبی چاه‌نیمه، از غلظت قلیائیت نیز کاسته می‌شود. با توجه به رابطه بین قلیائیت و اسیدیته آب، روند تغییرات این فاکتور با روند کاهش اسیدیته از نیمه شمالی به نیمه جنوبی مطابقت داشته و از همان روند تبعیت می‌کند.

پهنه‌بندی فاکتور کل املاح جامد محلول در آب چاه‌نیمه نشان می‌دهد که نقاط نیمه شمالی چاه‌نیمه نسبت به نیمه جنوبی دارای مقادیر بالاتری از این فاکتور می‌باشد. همچنین روند تغییرات کاهش این فاکتور مطابق الگوی تغییرات فاکتورهای فوق از نیمه شمالی به سمت نیمه جنوبی چاه‌نیمه می‌باشد. قابل ذکر می‌باشد که مجتمع‌های ایجاد شده در سواحل چاه‌نیمه در نیمه شمالی واقع گشته و نیمه جنوبی فاقد هر گونه سازه مصنوعی در اطراف حوضچه مخزن می‌باشد (شکل ۵ (ت)).

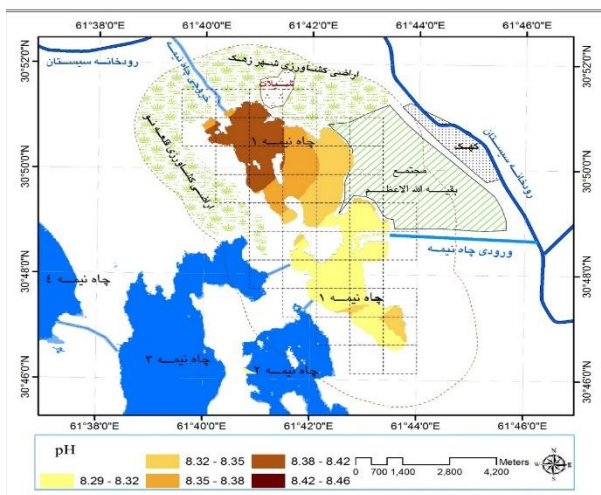
شکل ۵ (ث) پهنه‌بندی نترات را نشان می‌دهد که آب چاه‌نیمه دارای تغییرات زیادی در میزان این فاکتور می‌باشد؛ به طوری که روند تغییرات از محل ایستگاه مجتمع بقیه‌الله الاعظم شروع و با یک روند کاهش به نیمه جنوبی چاه‌نیمه یک کشیده شده است. همچنین روند تغییرات کاهش از شرق به غرب و از شمال به جنوب می‌باشد. با مقایسه بین تغییرات نترات با استانداردهای موجود (جدول ۳) در می‌یابیم که در کل پهنه آبی نگرانی از لحاظ آلودگی نترات وجود نداشته و از این لحاظ در محدوده مطمئن محیط‌زیستی و آبی‌پروری می‌باشد.

پهنه‌بندی نیتريت نشان می‌دهد که در نیمه جنوبی چاه‌نیمه پراکنش کلی نیتريت بیشتر از نیمه شمالی می‌باشد. اما در نیمه شمالی برخلاف پراکنش فاکتورهای بالا، روند تغییرات از شمال به جنوب به صورت افزایشی می‌باشد (شکل ۵ (ج)). با مقایسه داده‌های آماری و جدول (۳)، در پهنه آبی چاه‌نیمه از لحاظ آلودگی نیتريت مشکلی وجود ندارد و پراکنش نیتريت در سطح چاه‌نیمه در محدوده مجاز استاندارد محیط‌زیست می‌باشد.

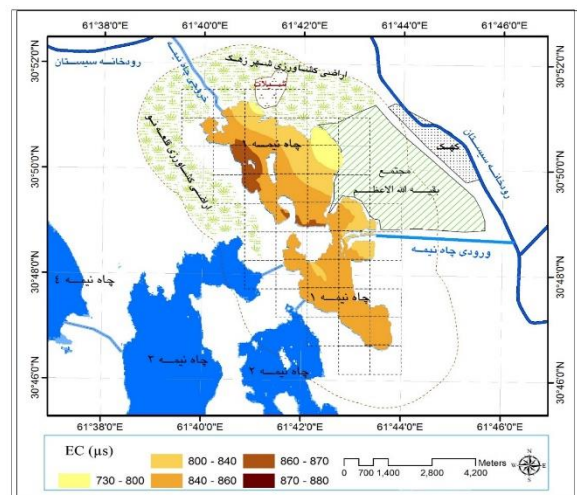
شکل ۵ (چ) پهنه‌بندی میزان نیاز زیستی اکسیژن در آب چاه‌نیمه یک را نشان می‌دهد که تغییرات افزایش این فاکتور از شرق به غرب چاه‌نیمه می‌باشد. همچنین روند تغییرات افزایشی برخلاف الگوی اکسیژن مورد نیاز شیمیایی از نیمه شمالی به نیمه جنوبی چاه‌نیمه به صورت افزایشی است به طوری که بیشترین میزان این فاکتور در ایستگاه‌های ورودی و خروجی مشاهده می‌گردد.

شکل ۵ (ح) پراکنش فاکتور اکسیژن مورد نیاز شیمیایی را نشان می‌دهد که طبق نتایج، تغییرات در نیمه جنوبی چاه‌نیمه دارای همگنی می‌باشد اما در نیمه شمالی و به‌خصوص در محل ایستگاه کارگاه شیلات زهک این فاکتور دارای افزایش محسوسی نسبت به سایر ایستگاه‌های مورد بررسی می‌باشد. همچنین در ایستگاه بخش شرقی نیز افزایش این فاکتور مشاهده می‌شود. روند تغییرات نیز مطابق با بیشتر فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی مورد بررسی از نیمه شمالی به نیمه جنوبی و با روند کاهشی همراه می‌باشد. پهنه‌بندی میزان سولفات در آب چاه‌نیمه یک نشان می‌دهد که تغییرات افزایش این فاکتور از شرق به غرب چاه‌نیمه است. همچنین روند تغییرات افزایشی از نیمه شمالی به نیمه جنوبی چاه‌نیمه است به طوری که بیشترین میزان این فاکتور در ایستگاه مجتمع بقیه‌الله الاعظم وجود داشته و به تدریج به فاصله از این ایستگاه از غلظت این فاکتور نیز کاسته می‌شود. همچنین نیمه شمالی چاه‌نیمه دارای غلظت بیشتری از این فاکتور نسبت به نیمه جنوبی می‌باشد (شکل ۵ (خ)).

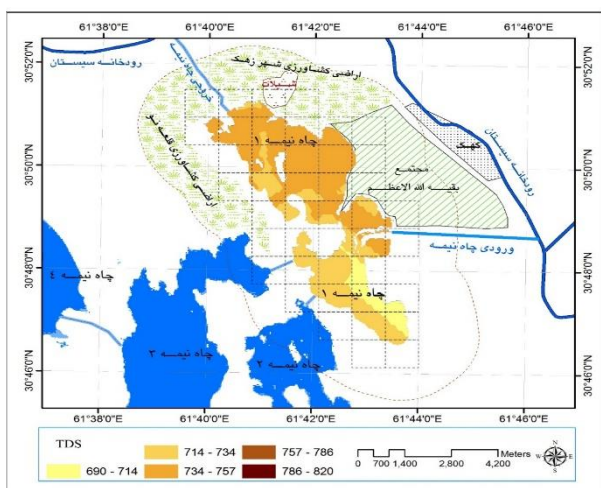
پهنه‌بندی فسفات در سطح چاه‌نیمه که طبق الگوی تغییرات این فاکتور در آب چاه‌نیمه بیشترین میزان در بخش شرقی و در نزدیکی ورودی آب مشاهده می‌شود که با توجه به همزمانی نمونه‌برداری آب و ورود آب از بالادست و همچنین با توجه به دشتی و سیلابی بودن آب ورودی که از اطراف زمین‌های کشاورزی کشور افغانستان می‌گذرد احتمال شسته شدن کودهای شیمیایی مصرفی و ورود آن به چاه‌نیمه بالا می‌رود. همچنین میزان این فاکتور در اطراف ایستگاه شیلات نیز بالا می‌باشد. روند تغییرات خاصی در این فاکتور مشاهده نشد و تغییرات به صورت مستقل و جزیره‌ای در سطح چاه‌نیمه در مورد این فاکتور مشاهده می‌شود که حاکی از ادامه‌دار بودن تغییرات فسفات در آب چاه‌نیمه تا به هم پیوستگی این تغییرات می‌باشد. به طور کلی نیمه شمالی چاه‌نیمه دارای میزان فسفات بیشتری نسبت به نیمه جنوبی می‌باشد (شکل ۵ (د)).



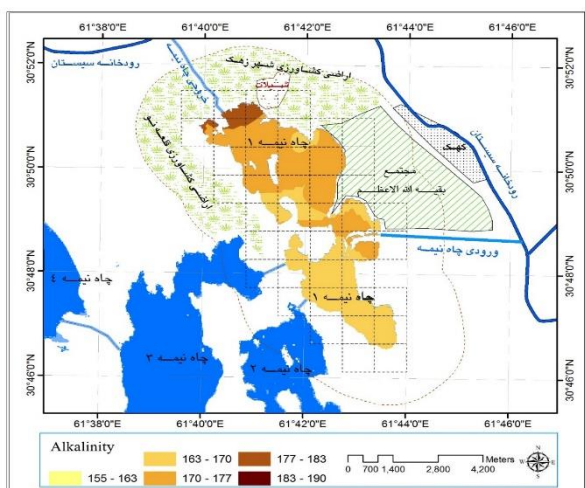
(ب)



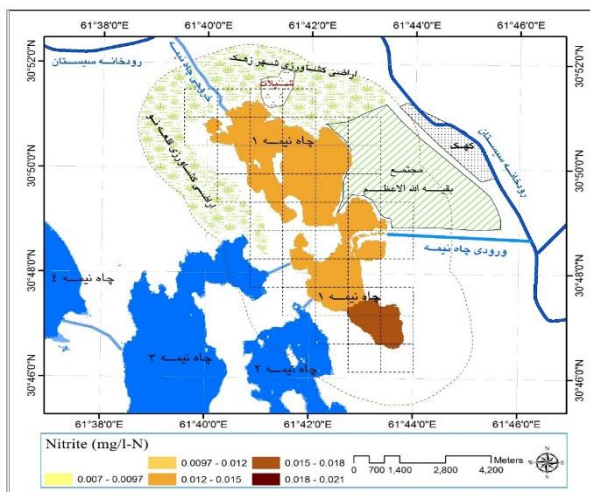
(الف)



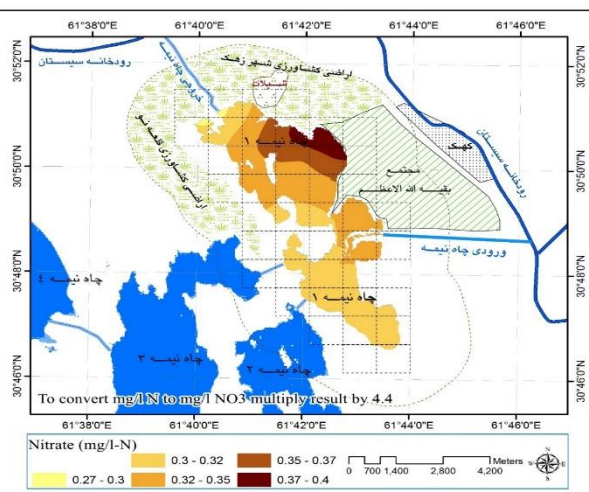
(ت)



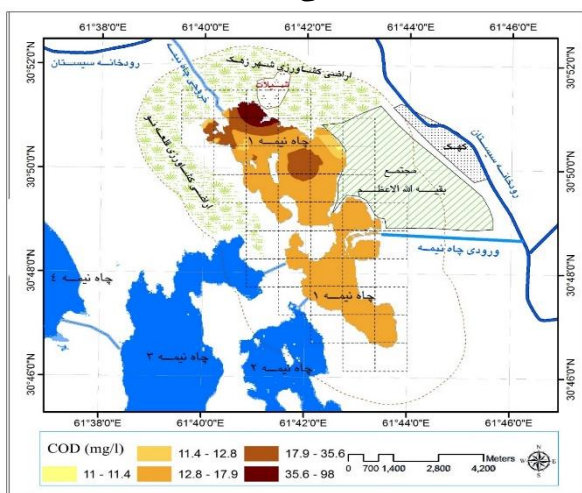
(پ)



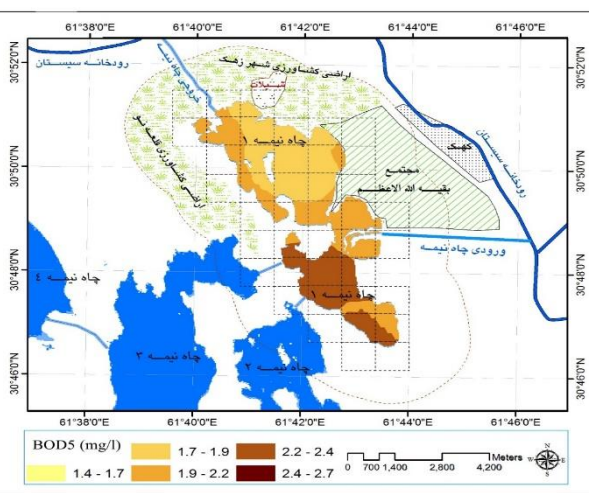
(ج)



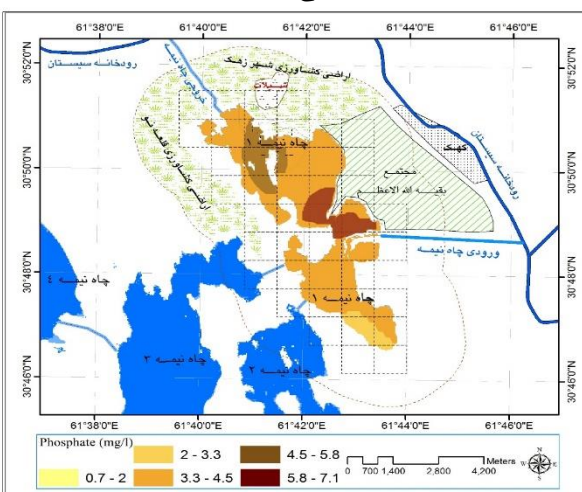
(ث)



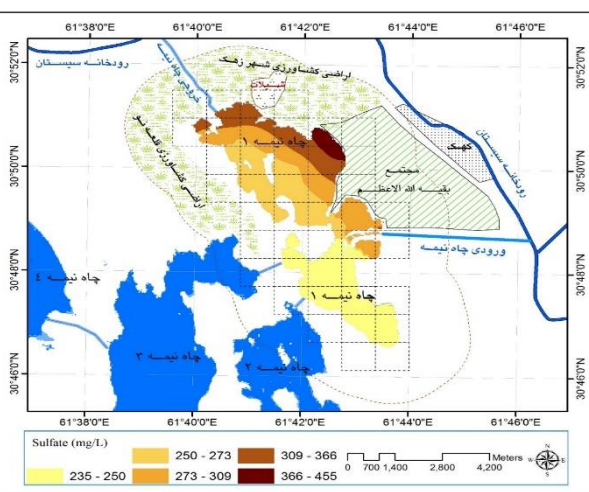
(ح)



(چ)



(د)



(خ)

شکل ۵- پهنه بندی متغیرهای محیط زیستی آب در چاه نیمه یک، (الف): هدایت الکتریکی، (ب): اسیدیتته، (پ): قلیابنت، (ت): کل مواد جامد محلول، (ث): نترات، (ج): نیتريت، (چ): BOD، (ح): COD، (خ): سولفات، (د): فسفات

مقایسه میانگین متغیرهای محیطی آب چاه نیمه در جدول ۴ ارائه شده است. طبق نتایج به دست آمده مشخص شد که تمام متغیرها به جز اسیدیتته، نیتريت و نترات بین ایستگاههای مختلف نمونه برداری اختلاف معنی دار دارند ($P < 0.05$).

جدول ۴- میانگین متغیرهای محیط زیستی آب در چاه نیمه یک

منطقه غربی	منطقه میانی	منطقه شرقی	ورودی	خروجی	مجتمع بقیه الاعظم دانشگاه زابل	پمپاژ روستایی	مرکز تکثیر و پرورش شیلات	متغیرهای محیطی
۸۶۱/۶ ± ۷ ^b	۸۶۳/۳ ± ۹ ^b	۸۲۶/۶ ± ۹ ^b	۸۳۱ ± ۷ ^b	۸۶۶/۶ ± ۸ ^b	۷۲۸/۳ ± ۷ ^a	۸۲۸/۳ ± ۱۰ ^b	۵ ± ۷۴۵ ^a	هدایت الکتریکی (µmhos/Cm)
۸/۴ ± ۰/۰۶	۸/۳ ± ۰/۰۳	۸/۳ ± ۰/۰۱	۸/۲ ± ۰/۰۲	۸/۳ ± ۰/۰۲	۸/۲ ± ۰/۰۱	۸/۳ ± ۰/۰۱	۸/۴ ± ۰/۰۱	اسیدیته
۱۶۸/۳ ± ۷ ^a	۱۷۶/۶ ± ۳ ^{ab}	۱۶۸/۳ ± ۷ ^a	۱۶۵ ± ۵ ^a	۱۹۰ ± ۹ ^b	۱۸۵ ± ۵ ^b	۱۵۶/۶ ± ۷/۶ ^a	۱۸۱/۶ ± ۲/۸ ^b	قلیائیت (mg/l)
۵۰۶ ± ۳ ^a	۷۴۰ ± ۸ ^b	۷۰۵ ± ۵ ^b	۷۲۱ ± ۹/۵ ^b	۷۳۸/۳ ± ۷ ^b	۸۳۳/۳ ± ۹ ^c	۶۹۵ ± ۴ ^b	۷۴۸/۳ ± ۷ ^b	کل مواد جامد (mg/l)
۰/۰۰۷	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵	۰/۰۱۷	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۲۲	۰/۰۱۲	نیتریت (mg/l)
۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۲	نیترات (mg/l)
۲۰۳ ± ۴ ^a	۲۲۵ ± ۵ ^b	۲۷۰ ± ۵ ^b	۲۰۸ ± ۷ ^a	۲۵۰ ± ۱ ^b	۲۲۶/۳ ± ۱/۵ ^b	۲۷۲/۶ ± ۲/۵ ^b	۲۲۵/۳ ± ۲/۵ ^b	سختی کل (mg/l)
۱/۷ ± ۰/۰۱ ^a	۵/۸ ± ۰/۰۱ ^b	۷/۲ ± ۰/۳ ^b	۲/۸ ± ۰/۰۴ ^b	۳/۷ ± ۰/۰۲ ^b	۰/۷ ± ۰/۰۳ ^a	۳/۳ ± ۰/۰۲ ^b	۵/۷ ± ۰/۰۲ ^b	فسفات (mg/l)
۲۳۵ ± ۵ ^a	۲۷۸ ± ۴ ^a	۲۳۵ ± ۳ ^a	۲۴۰ ± ۳ ^a	۳۷۸ ± ۴ ^{ab}	۴۵۰ ± ۵ ^b	۳۶۸/۳ ± ۷/۶ ^{ab}	۳۵۵ ± ۵ ^{ab}	سولفات (mg/l)
۱۲ ± ۲ ^a	۱۱ ± ۱ ^a	۲۱/۳ ± ۱/۵ ^a	۱۴ ± ۳ ^a	۱۱ ± ۱ ^a	۱۱/۳ ± ۱/۵ ^a	۱۲ ± ۱ ^a	۹۷ ± ۲ ^b	COD (mg/l)
۲/۳ ± ۰/۰۱ ^b	۱/۷ ± ۰/۰۳ ^a	۱/۴ ± ۰/۰۶ ^a	۲/۷ ± ۰/۰۲ ^b	۲/۲ ± ۰/۰۲ ^b	۲/۴ ± ۰/۰۳ ^b	۱/۴ ± ۰/۰۲ ^a	۱/۵ ± ۰/۰۵ ^a	BOD (mg/l)

جهت محاسبه تراکم فیزیولوژیک طبق سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ تعداد ساکنین روستاهای اطراف چاه‌نیمه یک تا ۲۰۰۰ متر از ساحل چاه‌نیمه (۱۴ روستا) استخراج شده و بر زمین‌های قابل کشت اطراف چاه‌نیمه برحسب هکتار تقسیم شده است که عدد به‌دست آمده تراکم فیزیولوژیک نامیده می‌شود (جدول‌های ۵، ۶ و ۷).

جدول ۵- جمعیت آبادی‌های اطراف چاه‌نیمه یک براساس سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۹۵

نام روستا	خانوار	جمعیت	
		مرد	زن
ابراهیم ملک‌آباد	۲۸	۵۰	۱۰۸
شیب گوره	۲۹۶	۵۷۰	۱۱۲۲
قلعه‌نو	۳۵۸	۶۸۲	۱۳۵۳
نواب	۲۰	۴۵	۸۳
موسی	۷۵	۱۴۲	۲۸۰
غفور	۳۰	۵۲	۱۰۴
لال‌خان	۳۲	۵۸	۱۱۳
سیاه‌خان	۱۲۵	۲۲۹	۴۸۱
کفتارگی	۱۴۸	۲۳۷	۵۶۳
کلب باز	۵۴	۹۲	۱۹۲
اشترک	۳۸	۷۳	۱۴۳
ملاقاسم	۱۸۰	۳۴۵	۷۱۰
جریکه	۱۴۵	۳۰۰	۵۵۰
کپک	۵۲	۱۱۴	۲۲۵

جدول ۷- وسعت زمین‌های قابل کشت و تراکم فیزیولوژیک در نواحی سه‌گانه

چاه‌نیمه			
تراکم فیزیولوژیک	تراکم جمعیت	زمین‌های قابل کشت (هکتار)	محدوده اراضی
۱/۳۲۳	۱۸۴۵	۱۳۹۴	مجتمع بقیه‌الله الاعظم
۱/۹۳۸	۱۷۴۱	۸۹۸	اراضی کشاورزی قلعه‌نو
۲/۲۶۸	۲۴۴۱	۱۰۷۶	اراضی کشاورزی شهر

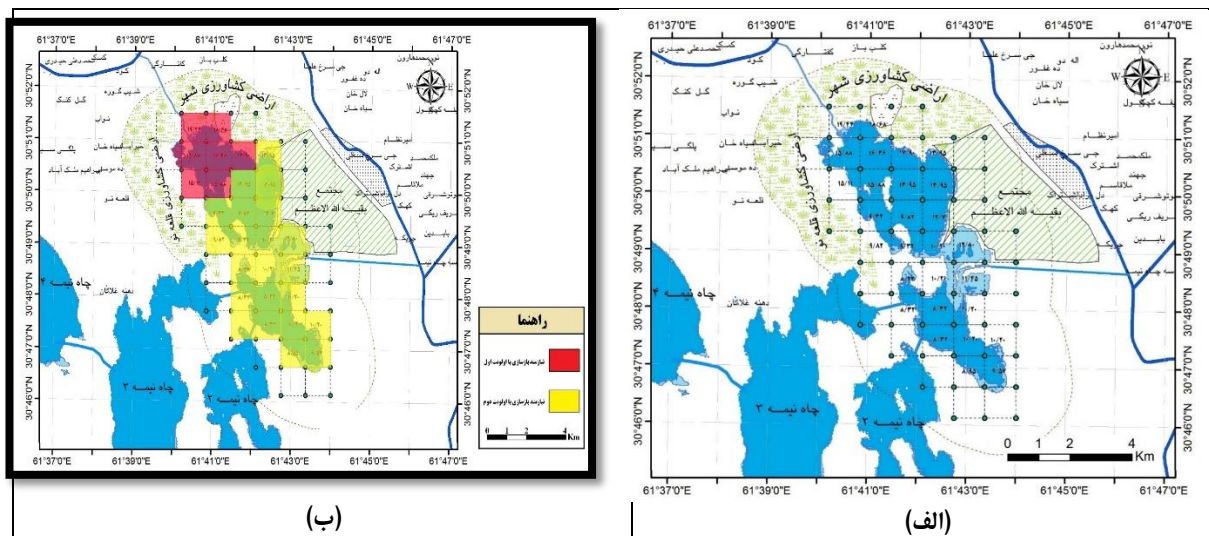
جدول ۶- وسعت اراضی محدوده ۲۰۰۰ متری

اطراف چاه‌نیمه یک	
وسعت (هکتار)	محدوده اراضی
۱۴۷۰	مجتمع بقیه‌الله الاعظم
۱۰۶۱	اراضی کشاورزی قلعه‌نو
۱۳۸۰	اراضی کشاورزی شهر

با توجه به فرمول مخدوم، جهت برآورد ضرایب تخریب و همچنین تراکم فیزیولوژیک و عوامل مؤثر بر تخریب محدوده مورد مطالعه، در نهایت با استفاده از شبکه‌بندی‌های ۲۸ گانه، ضریب تخریب برای هر شبکه به صورت مستقل محاسبه شد (جدول ۸ و شکل ۶ الف)). شکل ۶ (ب) نشان‌دهنده پهنه‌بندی شبکه‌های ۲۸ گانه از لحاظ تصمیم‌گیری برای توسعه می‌باشد که براساس آن، تعداد ۲۱ شبکه از سطح چاه‌نیمه که شامل سطح کامل نیمه جنوبی و قسمتی از سطح نیمه شمالی می‌شود در محدوده نیازمند بازسازی طبقه‌بندی شده‌اند، اما در محدوده با اولویت دوم می‌باشند. اما تخریب در شمالی‌ترین قسمت چاه‌نیمه یعنی اطراف ایستگاه شیلات می‌باشد که ۷ شبکه و ۲۵ درصد از مساحت چاه‌نیمه یک را به خود اختصاص داده است و نیازمند بازسازی با اولویت اول می‌باشد.

جدول ۸- تعداد شبکه، درصد مساحت و تصمیم‌گیری نهایی برای توسعه شبکه‌ها

دامنه تخریب	۱/۳۳-۴/۹۹	۵-۱۴/۹۹	۱۵-۱۹/۹۹	۲۰/۵۶-۲۹/۹۸	۳۰-۴۷	۴۷/۲۱-۷۳/۴۹
کد نهایی تخریب	۱	۲	۳	۴	۵	۶
تعداد شبکه	۰	۲۱	۷	۰	۰	۰
درصد مساحت	۰	۷۵	۲۵	۰	۰	۰
تصمیم‌گیری برای توسعه	مستعد توسعه بیشتر	نیازمند بازسازی	نیازمند بازسازی	نیازمند بازسازی	نیازمند بازسازی	نیازمند اقدامات حفاظتی



شکل ۶- (الف): تعیین دامنه تخریب هر شبکه طبق طبقه‌بندی مخدوم، (ب): پهنه‌بندی شبکه‌های ۲۸ گانه از لحاظ تصمیم‌گیری برای توسعه

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نمونه‌برداری و تحلیل نتایج نمونه‌ها و مقایسه داده‌های موجود با استانداردهای آبی‌پروری و محیط‌زیست حیات آبریان (EPA)، چاه‌نیمه یک از لحاظ میزان هدایت الکتریکی و اسیدیته هیچ گونه مغایرتی با مقادیر استاندارد نداشته، اگرچه نیمه غربی نسبت به سایر نقاط از هدایت الکتریکی بالاتری برخوردار است و در مورد اسیدیته، نیمه‌های شمالی مخزن؛ خصوصاً ایستگاه شیلات و اطراف، دارای میزان بیشتری از این فاکتور بودند. همچنین این مخزن از لحاظ وجود نیاز زیستی اکسیژن، نیتريت و نترات در محدوده ایمن و استاندارد جهت حیات آبریان قرار دارد. اما فاکتورهای قلیائیت، کل مواد جامد محلول و سختی در سراسر پهنه آبی، نیاز اکسیژن شیمیایی در محدوده کارگاه شیلات، سولفات در بخش‌هایی از محدوده مجتمع بقیه‌الله الاعظم و فسفات در محدوده کارگاه شیلات و بخش‌های شرقی نسبت به مقادیر استاندارد حد بالاتری داشته و مناسب آبی‌پروری نبوده، همچنین از استانداردهای محیط‌زیست حیات آبریان نیز بالاتر می‌باشند.

ضرایب تخریب چاه‌نیمه یک در بخش جنوبی نشان می‌دهد که کمترین میزان ضریب تخریب (۸/۲۳) در این قسمت محاسبه شده است. متوسط ضرایب تخریب نیمه جنوبی ۸/۶۷ می‌باشد که در محدوده نیازمند بازسازی با اولویت دوم طبقه‌بندی

شده است. به طور کلی نیز تعداد ۲۱ شبکه از ۲۸ شبکه سطح چاه‌نیمه (۷۵ درصد مساحت کل) که شامل سطح کامل نیمه جنوبی و قسمتی از سطح نیمه شمالی می‌شود در محدوده نیازمند بازسازی طبقه‌بندی شده‌اند، اما در محدوده با اولویت دوم می‌باشند. اما تخریب اصلی در شمالی‌ترین قسمت چاه‌نیمه یعنی اطراف ایستگاه شیلات می‌باشد که ۷ شبکه و ۲۵ درصد از مساحت چاه‌نیمه یک را به خود اختصاص داده است و نیازمند بازسازی با اولویت اول می‌باشد. بالاترین ضریب تخریب ۱۹/۴۴ در محدوده ایستگاه شیلات و نزدیک کانال خروجی چاه‌نیمه یک به دست آمده است. این ناحیه همچنین تحت تأثیر اراضی شهر زهک نیز می‌باشند. متوسط ضرایب تخریب اطراف مجتمع بقیه‌الله الاعظم ۱۲/۷۲، اطراف ایستگاه پمپاژ ۱۶/۰۷ و ایستگاه کارگاه شیلات ۱۷/۵۹ به دست آمده است. نتایج نشان می‌دهد که محدوده آبی نزدیک مجتمع بقیه‌الله الاعظم نیازمند بازسازی با اولویت دوم و اولویت اول بازسازی پهنه آبی به ترتیب ایستگاه کارگاه شیلات و ایستگاه پمپاژ آب روستایی می‌باشند. در مجموع و با توجه به بررسی بخش‌های مختلف محدوده مورد مطالعه، باید فعالیت بهره‌برداران سواحل شمالی محدود شده و این نواحی با اولویت اول نیازمند بازسازی و مراقبت محیط‌زیستی دارند. برای اولین بار Nazmi و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از مدل Makhdoum (۲۰۰۲) میزان تخریب زیستی تالاب انزلی را مورد بررسی قرار دادند. در واقع مدل مخدوم را از خشکی به پهنه آبی تعمیم دادند. در این مطالعه تالاب به ۴ منطقه و هر منطقه با ۶ ایستگاه نمونه‌برداری شد. فاکتورهای DO, BOD, COD, TSS, کلروفیل (a)، نیترات، فسفات، هدایت الکتریکی و کلیفرم مدفوعی به عنوان عوامل تخریب مورد سنجش قرار گرفت. طبق نتایج به دست آمده و مقایسه با استانداردها و تصاویر ماهواره‌ای، بیشتر مناطق تالاب از حد آلودگی بالایی برخوردارند و جزء مناطق حساس، طبقه‌بندی می‌شوند و نیازمند اقدام حفاظتی شدید با توجه به جدول فازی مخدوم (۲۰۰۲) می‌باشند. بر این اساس، ۱۸/۶۶ درصد شبکه‌ها دارای دامنه تخریب ۴۹/۴۳-۵۲/۲۸، ۳۱/۵۵ درصد در دامنه ۵۲/۲۸-۵۵/۱۳، ۲۷/۱۱ درصد ۵۷/۹۸-۵۵/۱۳ و ۲۲/۶۶ درصد ۶۰/۸۴-۵۷/۹۸ قرار گرفته‌اند. قسمت شرقی تالاب به دلیل ورود مواد آلوده و فاضلاب شهری و روستایی و صنعتی از آلودگی بالایی برخوردار بوده است. Safaeian و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که براساس نتایج به دست آمده کل حوزه‌های آبخیز کلان شمال کشور به عنوان خیلی مقاوم تشخیص داده نشد که می‌توان بیان نمود شمال کشور با وجود دارا بودن منابع فراوان اکولوژیک به خاطر آسیب‌پذیر بودن اکوسیستم آن چندان مهیای توسعه نیست و آگاهی از پایداری اکولوژیک برای جلوگیری از تخریب محیط‌زیست و ارزیابی اثرات محیط‌زیستی اجرای هر پروژه ضروری است. Dehkordi و همکاران (۲۰۰۳) میزان تخریب زیستی رودخانه سفیدرود را با استفاده از مدل تخریب مورد بررسی قرار دادند. آنها بیشترین میزان ضریب تخریب را در منطقه‌ای با بیشترین تراکم فیزیولوژیک و فعالیت‌های انسانی مشاهده کردند و بیان داشتند که تخریب رودخانه سفیدرود به دلیل فعالیت‌های انسانی محدود نمی‌شود و رسوب‌گذاری در بستر رودخانه نیز یک عامل مؤثر بر تخریب زیستی رودخانه است. Chamani و همکاران (۲۰۰۵) آثار توسعه بر محیط‌زیست استان همدان با کاربرد مدل تخریب مخدوم را مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه استان همدان به ۸۴۹ شبکه تقسیم و ۱۹ عامل تخریب در کل استان شناسایی کردند. کلیه شبکه‌ها از نظر شدت و میزان تخریب با یکدیگر مقایسه شدند و کل استان به سه پهنه با توانایی توسعه بیشتر، نیازمند بازسازی و نیازمند اقدامات حفاظتی تقسیم شد. Heidari Masteali و همکاران (۲۰۱۵) میزان آسیب‌پذیری اکولوژیک شهرستان طرقله را با استفاده از روش عینی آسیب‌پذیری مورد مطالعه قرار دادند. آنها شهرستان را به ۹۴ شبکه تقسیم نموده و آسیب‌پذیری اکولوژیک با استفاده از نقشه‌های شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، عمق خاک، تراکم پوشش گیاهی، اقلیم و زمین‌شناسی، تعیین و طبقه‌بندی شد. نتایج به دست آمده نشان داد که در مجموع ۱۹/۲۱ درصد از مساحت شهرستان در طبقه آسیب‌پذیر، ۵۳/۳۵ درصد در طبقه حساس، ۱۸/۱۴ درصد در طبقه نیمه‌حساس و ۹/۲۸ درصد از منطقه نیز در طبقه مقاوم قرار دارد. Rezazadeh و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که منطقه حفاظت شده با شگل طبق مدل تخریب اکولوژیک، ۳۴/۷ درصد در طبقه مستعد توسعه، ۴۹/۲۳ درصد در طبقه نیازمند بازسازی و ۱۶/۰۷ درصد در طبقه نیازمند حفاظت قرار دارد و با توجه به شرایط محلی بدون توسعه بیشتر، اهداف مدیریت منطقه باید به سمت بازسازی و اقدام‌های حفاظتی پیش رود. Ebrahimi و همکاران (۲۰۲۲) منطقه حفاظت شده باغ شادی را به لحاظ کیفیت سرزمین براساس مدل تخریب را مورد بررسی قرار دادند که ۸۳/۲۷ درصد از منطقه در طبقه مستعد توسعه بیشتر، ۲۲/۳۵ درصد در طبقه نیازمند بازسازی در طبقه اول، ۲۹/۳۱ درصد در طبقه نیازمند بازسازی در طبقه دوم، ۷/۶۴ درصد در طبقه نیازمند اقدامات حفاظتی گزارش شد.

Makhdoum (۲۰۰۲) مدل تخریب زیستی را به عنوان مدلی برای ارزیابی و مدیریت محیط زیست پیشنهاد نمودند. نتایج نیز نشان می‌دهد که مدل توانسته با بررسی نقطه به نقطه سطح چاه نیمه یک با توجه به شبکه بندی و محدوده مطالعه و تطبیق با مطالعات پایش و بررسی های گذشته به اهداف تحقیق دست یافته و میزان تخریب چاه نیمه یک را با بررسی تغییرات ایجاد شده و مقایسه با استانداردهای آبی پروری و استانداردهای محیط زیست حیات آبریان به صورت عددی بیان نماید. با توجه به اهمیت چاه نیمه یک از دیدگاه اکولوژیک و همچنین به عنوان ورودی چاه نیمه های دیگر در آبرگیری از آب بالادست و نیز به عنوان تأمین کننده آب روستاهای سیستان انجام اقدامات مدیریتی مناسب جهت حفاظت از این پهنه آبی مهم می باشد. بنابراین با در نظر گرفتن روند تغییرات و شناخت سیر تحولات اکوسیستم آبی، می توان پیش بینی درستی از وضعیت آینده این مخازن آب در صورت ادامه روند کنونی، ارائه نمود.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می دانند از همکاری دانشگاه زابل به دلیل حمایت از انجام این پژوهش تشکر و قدردانی نمایند.

References

- APHA. 2002. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition, American Public Health Association. Baltimore, Maryland, USA.
- Azari Dehkordi, F., Makhdoum, M.F., Nakagoshi, N., 2003. Sefidrood river sub-watershed-dam-estuary and degradation model: a holistic approach in Iran. Chinese Geographical Science 13(4), 328-333.
- Bhatnagar, A., Devi, P., 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. International Journal of Environmental Sciences 3(6), 1980-2009.
- Boyd, C.E., 1998. Water Quality for Pond Aquaculture. Research and development series. No. 43. Auburn University, Auburn, Alabama, 39 p.
- Buttner, J.K., Soderberg, R.W., Terlizzi, D.E., 1993. An Introduction to Water Chemistry in Freshwater Aquaculture Northeastern Regional, Aquaculture Center, University of Massachusetts Dartmouth pp. 46-57.
- Chamani, Atefeh, Makhdoum, M., Jafari, M., Khorasani, N., Cheraghi, M., 2005. Evaluation of the effects of development on the environment in Hamadan province using the destruction model. Journal of Environmental Studies 31(37), 35-44. (In Persian)
- Ebrahimi, M., Morovati, M., Tazeh, M., 2022. Evaluating the effects of environmental development using degradation model (Case study: Bagh-e Shadi protected area). Journal of Environmental Science and Technology 24(7), 13-24. (In Persian)
- Gao, J., Liu, Y., 2010. Determination of land degradation causes in Tongyu County, Northeast China via land cover change detection. Applied Earth Observation and Geoinformation 12, 9-16.
- Garg, R.K., Rao, R.J., Uchchariya, D., Shukla, G., Saksena, D.N., 2010. Seasonal variations in water quality and major threats to Ramsagar reservoir, India. African Journal of Environmental Science and Technology 4(2), 061-076.
- Heidari Masteali, S., Jabbarian Amiri, B., Alizade Shabani, A., 2015. Determination of ecological vulnerability in Torghabeh-Shandiz Township using objective vulnerability method. Journal of Natural Environment 68(2), 213-223. (In Persian)
- Khazaei, N., Azari Dehkordi, F. 2008. Forest Landscape Degradation Assessment in Dokeh watershed, Iran. Journal of International Environmental Application and Science 3(2), 91-100.
- Makhdoum, M.F., 1993. First application of automated land evaluation in Iran. Environmental Management 17(3), 410-420.
- Mansouri, M., Makhdoum, M., 1999. Environmental Impact Assessment in Hormozgan Province by Degradation Model. Journal of Environmental Studies 23, 49-54.
- Miller, G.T., Living in the environment (Translator: Makhdoum, M.F). 1995. Tehran University Publications. 322 p.

- Mousavian, M., Haghizadeh, A., Dehdari, S., Hazbavi, Z., 2014. Affective Environmental Factors on Temporal Variations of Water Quality Properties in Zard River in Khuzistan Province. Iranian journal of Ecohydrology 1, 59-68. (In Persian)
- Nazmi, A., Savari, A., Doustahenas, B., Jamalzad Fallah, F., Sakhaei, N., 2013. Evaluation of the degradation quantity of the Anzali International Wetland using an ecological degradation model. Khorramshahr University of Marine Science and Technology. MSc thesis. 65 p.
- Rezazadeh, S., Jahani, A., Goshtasb, H., Makhdoum M., 2019. Development Environmental Impact Assessment in Bashgol Protected Area Using Landscape Degradation Model. Environmental Researches 10(19), 15-26. (In Persian)
- Safaeian, N., Shokri, M., Jabarian Amiri, B., 2002. Assessing the ecological vulnerability of coastal ecosystems in the southern Caspian Sea. Journal of Environmental studies. 28(29), 45-50. (In Persian)
- Stone, N. M., Thormforde, H. K. 2003. Understanding your fish pond water analysis report. University of Arkansas Co-operative Extension Printing Services. pp. 1-4.