مقاله علمی – پژوهشی:

ارزیابی وضعیت اوتروفی خلیج گرگان با شاخص کارلسون (CTSI[1])

پریسا ملکی[۱]، رحمان پاتیمار*[۱]، حجت الله جعفریان[۱]، عبدالرسول سلمان ماهینی[۲]، رسول قربانی[۲]، محمد قلی‌زاده[۱]، محمد هرسیج[۱]

*rpatimar@yahoo.com

۱- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبدکاووس، ایران
۲- گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان ایران.

تاریخ دریافت: آذر ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۱

چکیده

طی سال‌های گذشته، اوتروفیکاسیون در اثر فعالیت‌های انسانی به عنوان یک مسئله اصلی اکولوژیک برای مناطق ساحلی شناخته شده است که منجر به تغییرات چشمگیری در فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک می‌شود. هدف از این مطالعه، بررسی تعیین وضعیت اوتروفی خلیج گرگان بود که با استفاده از شاخص کارلسون که یکی از بهترین روش‌های ارزیابی وضعیت اوتروفی پیکره‌های آبی می‌باشد، انجام شد. منطقه مورد مطالعه، خلیج گرگان بود که در جنوب شرق دریای خزر واقع شده است. نمونه‌برداری به صورت فصلی با سه تکرار از تابستان ۱۳۹۷ لغایت بهار ۱۳۹۸ در ۲۳ ایستگاه انجام شد. فاکتورهای نیترات، فسفات، کلروفیل-آ، عمق و شفافیت اندازه‌گیری شد. مقادیر شاخص کارلسون بر حسب کلروفیل-آ نشان داد که خلیج در سه فصل تابستان، پاییز و زمستان در وضعیت اوتروف (با اعداد به‌ترتیب ۵۳/۴۸، ۵۳/۶۹ و ۵۳/۶۷) و در فصل بهار در وضعیت مزوتروف (با عدد ۴۲/۷۵) قرار داشت. بر حسب میزان فسفات، در فصل‌های پاییز و زمستان اوتروف (با اعداد ۶۹/۲۲ و ۵۵/۱۷) و در فصل‌های تابستان و بهار در وضعیت اولیگوتروف (با اعداد ۲۶/۷۵ و ۳۵/۳۰) قرار داشت و بر حسب شفافیت در هر چهار فصل در وضعیت اوتروف (با اعداد به‌ترتیب ۶۳/۳۳، ۶۱/۶۱، ۶۰/۹۳، ۶۱/۵۸) قرار داشت. به طورکلی، نتایج نشان داد که خلیج گرگان در زمان نمونه‌برداری در این پژوهش، در محدوده مزوتروف به اوتروف قرار داشت. بنابراین، مدیریت حفاظتی بیشتر این اکوسیستم با ارزش ضروری است.

لغات کلیدی: خلیج گرگان، اوتروفی، شاخص کارلسون، کلروفیل-آ، عمق، نیترات، فسفات

*نویسنده مسئول

[1]Carlson's Trophic State Index

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.4.8]

مقدمه

در عصر حاضر، انسان‌ها فشار و تنش‌های بی‌سابقه‌ای را بر بوم سامانه‌های آبی وارد نموده‌اند. فعالیت‌های انسانی نظیر تغییر زیستگاه، آلودگی و بهره‌برداری بیش از حد از منابع زنده اثرات زیان‌بخشی بر سطوح تنوع زیستی و تأمین منابع زیستی برای نسل‌های آینده وارد ساخته است (Jackson *et al.*, 2001؛ Loreau *et al.*, 2001;).

اوتریفیکاسیون تعاریف مختلفی دارد. تعریف کلی اوتروفیکاسیون عبارتست از ورود بیش از حد مواد مغذی از منابع مختلف به بدنه‌ی آب که با سایرعوامل (دما، نور، اکسیژن) باعث افزایش تولیدات اولیه اکوسیستم می‌شود (Tusseau-Vuillemin, 2001; Jorgensen, 2003; Bukata, 2005; Khan and Ansari, 2005). Nixon (۱۹۹۵ و ۲۰۰۹) اوتروفیکاسیون را به عنوان "افزایش در میزان ورود مواد آلی به یک اکوسیستم" تعریف نمود. وضعیت اتروفیکاسیون بدنه آب را می‌توان به الیگوتروفیک، مزوتروفیک، اتروفیک و هایپرتروفیک طبقه‌بندی کرد (Carlson, 1977). برخی از پارامترهای مورد استفاده برای تعیین شاخص‌های اوتروفیکاسیون شامل: اکسیژن محلول، فسفر کل، غلظت کلروفیل، دما، عمق دیسک، نیترات، ذرات معلق و شوری است (Moncheva *et al.*, 2002). از سویی، عوامل متعددی بر تراکم فیتوپلانکتون‌ها مؤثرند که فاضلاب‌های شهری و صنعتی، فعالیت‌های آبزی‌پروری، ژئولوژی و ساختار موفولوژی منطقه، فضولات دامی، کودهای کشاورزی، فرآیندهای جوی (باران‌های اسیدی) و گرم شدن هوای زمین از مهم‌ترین این عوامل می‌باشند (Field *et al.*, 1998; Smith, 2007; Kalytyte, 2007; Cloern *et al.*, 2014). مدل‌ها و شاخص‌ها و تکنیک‌های مختلفی برای سنجش و ارزیابی کیفی آبهای سطحی و یوتریفیکاسیون در آبهای شیرین و آب دریا در سطح دنیا مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است (Coelho *et al*,. 2007؛ شیخستانی، ۱۳۸۰).

خلیج گرگان در انتهای جنوب‌شرقی دریای خزر واقع شده است. بوم‌شناسی خلیج‌گرگان تحت تأثیر دریای خزر، رودخانه‌های مجاور و شبه جزیره میانکاله است که نقش مهمی در رشد و تکثیر حیوانات آبزی، ماهیان استخوانی و غضروفی و نیز جذب پرندگان مهاجر زمستانی دارد (جوانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Karbassi and Amirnezhad, 2004; Sharbaty *et al.*, 2010).

ارزیابی وضعیت تروفی با کمک شاخص کارلسون در منابع آبی مختلف، گزارش‌های زیادی منتشر شده است. از جمله فلاح و همکاران (۱۳۹۷)، وضعیت تروفی تالاب بین‌المللی انزلی را با استفاده از شاخص کارلسون ارزیابی و بیان داشتند که میزان تروفی بر اساس فسفات کل و ازت کل، در اغلب ایستگاه‌ها وضعیت هایپرتروف تا هایپرتروف حاد دارد. عابدینی و همکاران (۱۴۰۰) روند تغییرات شاخص تغذیه‌گرایی (TSI) دریاچه چیتگر طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۲ بیان داشتند که بر مبنای ارزیابی چند پارامتری در ابتدای آبگیری دریاچه مصنوعی چیتگر شاخص تروفیک در حد دریاچه‌های اولترااالیگوتروف و طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ به سطح مزوتروف نزدیک شده و بعد از تابستان ۱۳۹۷ شاخص تغذیه‌گرایی طی روند کاهشی تقریباً به تراز اولیه برگشته است. جباری و منتصری (۱۳۹۹) شرایط تروفی تالاب کانی برازان مهاباد با استفاده از فسفر زیست فراهم رسوبات و شاخص کارلسون بررسی و گزارش دادند که شرایط تالاب در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به‌ترتیب در وضعیت مزوتروفیک خفیف، الیگوتروف، مزوتروفیک و مزوتروفیک حاد قرار دارد. ویسی و همکاران (۱۳۹۳) پایش پدیده تغذیه‌گرایی در دریاچه سد مخزنی اکباتان را با بهره‌گیری از شاخص غنی‌شدگی کارلسون انجام دادند و بیان داشتند، مغذی‌ترین حالت تغذیه‌گرایی مربوط به مرداد ماه و کمترین حالت مربوط به بهمن ماه بوده است و نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که مخزن در فصل زمستان به سمت شرایط نیمه مغذی بهبود یافته است. مخلوق و همکاران (۱۳۹۴) پایش کیفیت آب و پدیده تغذیه‌گرایی دریاچه سد آزتد سنندج را با استفاده از شاخص کیفیت آب ایران و شاخص غنی‌شدگی کارلسون انجام داده و نشان دادند که بر اساس کلروفیل-آ سطح تروفیک در محزن سد و نیز ایستگاه‌های مختلف عموماً مزوتروف بود درحالی‌که بر اساس سایر فاکتورها اوتروف تا

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.4.8]

هایپرتروف ارزیابی شد. طاهری تیزرو و قشقایی (۱۳۹۵) وضعیت تغذیه‌گرایی دریاچه سد اکباتان را با استفاده از شاخص کارلسون تعیین و بیان داشتندکه با توجه به مقدار به‌دست آمده برای این شاخص، دریاچه در نقاط ورودی بیشتر در معرض تغذیه‌گرایی قرار دارد و فسفر عامل کنترل تغذیه‌گرایی این سیستم می‌باشد. رحمتی و همکاران (۱۳۹۱) وضعیت تروفی آب‌بندان طبیعی مرزن آباد بابل را با شاخص کارلسون بررسی و گزارش دادند که این آب بندان در وضعیت اوتروفی و در معرض ورود به شرایط هیپرتروفی قرار دارد. اما بررسی مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی وضعیت تروفی خلیج گرگان بر اساس شاخص کارلسون نشان داد که مطالعات در این زمینه بسیار اندک می‌باشد. محمدخانی و همکاران (۱۳۹۶) در طرحی با عنوان مطالعه شرایط زیستی خلیج‌گرگان، بر اساس میزان فسفر، سطح تروفی در کل خلیج را وضعیت مزوتروف و بر اساس اندازه حداکثر عمق دید در محدوده اکوسیستم‌های اوتروف گزارش کرد. عقیلی و همکاران (۱۳۹۷) نیز براساس میزان فسفرکل، سطح تروفی در کل خلیج را وضعیت مزوتروف و براساس میزان نیتروژن کل، سطح تروفی در کل خلیج را وضعیت مزوتروف متمایل به اوتروف گزارش کرد و در رابطه با شاخص کارلسون بر اساس کلروفیل-آ برای خلیج تاکنون گزارشی منتشر نشده است.

در شرایط فعلی و وجود مشکل کم آبی به دلیل کمبود بارندگی و خشکسالی در کشور (موسوی، ۱۳۸۸؛ Dastdaran *et al.*, 2017) حفظ و مدیریت منابع آبی- از جمله خلیج‌ها- یک ضرورت است. اطلاع از وضعیت کیفی آبها این امکان را فراهم می‌سازد تا ضمن استفاده از آن، شیوه‌هایی اتخاذ شود تا کم‌ترین آسیب به این منبع وارد شود. خلیج گرگان تنها خلیج دریای خزر می‌باشد که در شمال ایران واقع شده است. آب این خلیج قابلیت شرب ندارد اما منطقه میانکاله که بخش غربی خلیج می‌باشد، مکان زمستان‌گذرانی پرندگان مهاجریست که در فصل زمستان از روسیه به این مکان مهاجرت می‌کنند. به دلیل شرایط اکولوژیک خاص خلیج گرگان و به تبع آن مشاهده فون و فلور خاص و نیز کمبود مطالعات وضعیت اوتروفی خلیج به‌خصوص ارزیابی وضعیت اوتروفی آن براساس فاکتورهای زیستی، بررسی و مطالعه اوتروفیکاسیون در خلیج گرگان با هدف ارزیابی وضعیت تروفی آن حائز اهمیت می‌باشد و مطالعات متوالی در این زمینه جهت حفظ کیفیت آب در این منطقه به دلیل فون و فلور خاص آن و اهداف آبزی‌پروری بسیار ضروری می‌باشد.

مواد و روش کار

با توجه به شرایط اکولوژیک منطقه و وسعت خلیج‌گرگان، ایستگاه‌ها به‌نحوی در نظر گرفته شدند که تمام سطح خلیج گرگان پوشش داده شود. موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری در شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه‌برداری به صورت فصلی (۴ فصل) با سه تکرار از تابستان ۱۳۹۷ لغایت بهار ۱۳۹۸ در ۲۳ ایستگاه انجام شد.

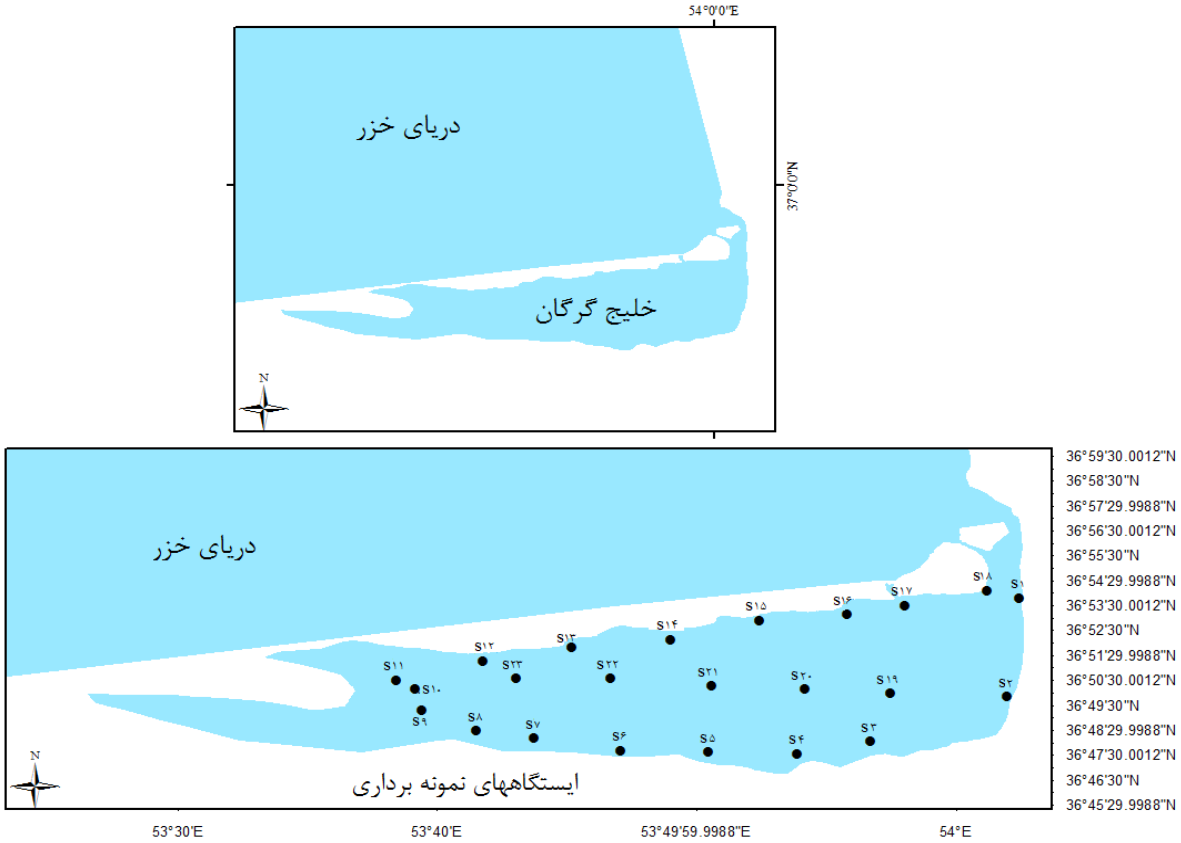
پارامتر کلروفیل-آ (میکروگرم برلیتر) با دستگاه آلگاتورچ ساخت کمپانی bbe Moldaenke GmbH و پارامترهای عمق (سانتی‌متر) توسط متر لیزری HONDEX و شفافیت (سانتی‌متر) به‌وسیله دیسک‌سچی در محل اندازه‌گیری شد.

نیتریت (میلی‌گرم در لیتر)، نیترات (میلی‌گرم در لیتر) و فسفات (میلی‌گرم در لیتر)، پس از انتقال نمونه‌ها با ظروف یونولیتی حاوی یخ از خلیج‌گرگان به آزمایشگاه، با روش اسپکتروفتومتری (APHA, 2000, 2005؛ استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۱) در آزمایشگاه شیمی دانشگاه گنبدکاووس اندازه‌گیری شد.

برای ارزیابی خلیج‌گرگان از نظر سطح تغذیه‌ایی و وضعیت اوتروفیکاسیون پس از اندازه‌گیری پارامترهای عمق رویت (عمق سکشی)، فسفر کل، نیتروژن کل و کلروفیل-آ، بر اساس مدل کارلسون اقدام به تعیین سطح تروفی گردید (Carlson, 1977) (جدول ۱).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.4.8]



شکل ۱: تصویر موقعیت نقاط نمونه‌برداری

Figure 1: Images of the location of the Site Sampling

جدول ۱: محدوده‌های شاخص وضعیت تروفی (Carlson، ۱۹۷۷)

Table 1: Classification of Carlson's trophic state index (Carlson, 1977)

وضعیت تروفی	مقادیر شاخص TSI	وضعیت تروفی	مقادیر شاخص TSI
الیگوتروف	<۴۰	اوتروف	۵۱-۷۰
مزوتروف	۴۱-۵۰	هایپر تروف	>۷۰

مقیاس CTSI به صفر تا ۱۰۰ تقسیم می‌شود. در این شاخص، وضعیت تروفی برای فسفات کل از رابطه ۱، مدل تروفی برای کلروفیل-آ از رابطه ۲، مدل تروفی برای عمق صفحه سکشی از رابطه ۳، مدل تروفی برای ازت کل از رابطه ۴ و برای محاسبه تروفی کل از رابطه ۵، استفاده می‌گردد (Carlson, 1977):

$$TSI(P) = ۱۴/۴۲ \ln[TP] + ۴/۱۵ \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$TSI(Chla) = ۳۰/۶ + ۹/۸۱ \ln[Chl\text{-}a] \quad \text{(رابطه ۲)}$$

$$TSI(SD) = ۶۰ - ۱۴/۴۱ \times \ln[SD] \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$TSI(N) = ۵۴/۵۴ + ۱۴/۴۳ \ln(TN) \quad \text{(رابطه ۴)}$$

$$TSI = [TSI(P) + TSI(Chl\text{-}a) + TSI(SD)]/3 \quad \text{(رابطه ۵)}$$

SD = عمق شفافیت به متر CHL_a= غلظت کلروفیل-آ به میکروگرم بر لیتر

TP= فسفر کل به میکروگرم بر لیتر TN= نیتروژن کل به میکروگرم بر لیتر

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.4.8]

جهت ترسیم نقشه‌ها از روش IDW در محیط نرم‌افزار GIS استفاده شد. این روش یکی از ساده‌ترین روش‌های درون‌یابی است و به پیش نیازهای کمتری نیاز دارد و روشی عمومی و رایج می‌باشد. قبل از انجام آنالیز استانداردسازی داده‌ها انجام و هم خطی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب بررسی گردید. جهت آنالیز نتایج و محاسبه شاخص از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ و R ۳.۶.۲، جهت استخراج نقشه‌ها از GIS 10.2 وگوگل ارث استفاده شد.

نتایج

فاکتورهای محیطی

مقادیر اندازه‌گیری شده فاکتورها برای کل سال و به تفکیک فصل در جدول ۲ ارائه شده است. براساس جدول، تنها دو فاکتور عمق و شفافیت اختلاف معنی‌داری در چهار فصل نشان ندادند و سایر فاکتورها دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<0/05$).

جدول۲: مقادیر میانگین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب (کل سال)

Table 2: The average values of the physical and chemical parameters of water (year)

	واحد	کمترین	بیشترین	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	کل سال
کلروفیل-آ	میکروگرم برلیتر	۱/۱۰	۳۲/۲۰	۱۲/۰۱±۶/۷۳^{a}	۱۲/۹۳±۸/۰۵^{a}	۱۲/۶۴±۶/۸۳^{a}	۴/۴۴±۳/۱۸^{b}	۱۰/۵۰±۷/۲۷
عمق	سانتی‌متر	۴۵/۰۰	۳۱۰/۰۰	۱۵۴/۶۱±۷۵/۴۱^{a}	۱۴۰/۲۲±۶۷/۹۸^{a}	۱۴۷/۰۹±۷۶/۷۸^{a}	۱۶۵/۹۶±۷۳/۴۶^{a}	۱۵۱/۹۷±۷۲/۹۰
شفافیت	سانتی‌متر	۱۵/۰۰	۲۵۰/۰۰	۸۷/۵۷±۳۸/۷۵^{a}	۱۰۷±۵۶/۰۵^{a}	۱۱۰±۵۷/۰۶^{a}	۹۹/۴۸±۳۳/۸۴^{a}	۱۰۱/۸۲±۴۸/۱۵
نیترات	ppm	۰/۰۱۹	۴/۳۵۰	۰/۴۴۰±۰/۲۷۰^{c}	۱/۹۸±۰/۵۶۰^{b}	۲/۵۴۰±۰/۶۴۰ ^{a}	۰/۰۹۰±۰/۰۴۰^{d}	۱/۲۶۰±۱/۱۲۰
فسفات	ppm	۰/۰۰۰	۰/۶۱۰	۰/۰۰۷±۰/۰۰۷^{b}	۰/۱۰۷±۰/۱۱۰^{a}	۰/۰۳۸±۰/۰۱۷^{b}	۰/۰۱۷±۰/۰۲۳^{b}	۰/۰۴۲±۰/۰۶۰
نیتریت	ppm	۰/۰۰۴	۰/۷۱۹	۰/۰۱۳±۰/۰۰۷^{a}	۰/۰۷۵±۰/۰۲۰^{ab}	۰/۲۸۲±۰/۱۴۰^{a}	۰/۰۴۵±۰/۰۳۲^{b}	۰/۱۰۴±۰/۱۲۰

شاخص کارلسون(CTSI)

Carlson (۱۹۷۷) پیشنهاد کرد از آن‌جایی‌که کلروفیل برآوردکننده مستقیم وزن جلبک است، از آن به عنوان فاکتور اولیه شاخص استفاده شود. عمق سکشی‌دیسک و فسفر کل فقط در صورت در دسترس نبودن مقادیر کلروفیل، باید برای تعیین حالت تروفیک استفاده شود. در این بررسی، شاخص کارلسون بر مبنای کلروفیل-آ، عمق سکشی دیسک و فسفر کل محاسبه شد اما میزان شاخص برمبنای کلروفیل-آ جهت بررسی نهایی استفاده شد. از لحاظ شرایط تروفی بر اساس میزان غلظت کلروفیل-آ با استفاده از شاخص کارلسون، خلیج در سه فصل تابستان، پاییز و زمستان در طبقه اوتروف و در فصل بهار در طبقه مزوتروف قرار دارد (جدول ۳).

جدول ۳: طبقه بندی نهایی شاخص کارلسون برای خلیج گرگان در فصول مختلف (کارلسون، ۱۹۷۷)

Table 3: Final classification of the Carlson index for the Gorgan bay in different seasons (Carlson, 1977)

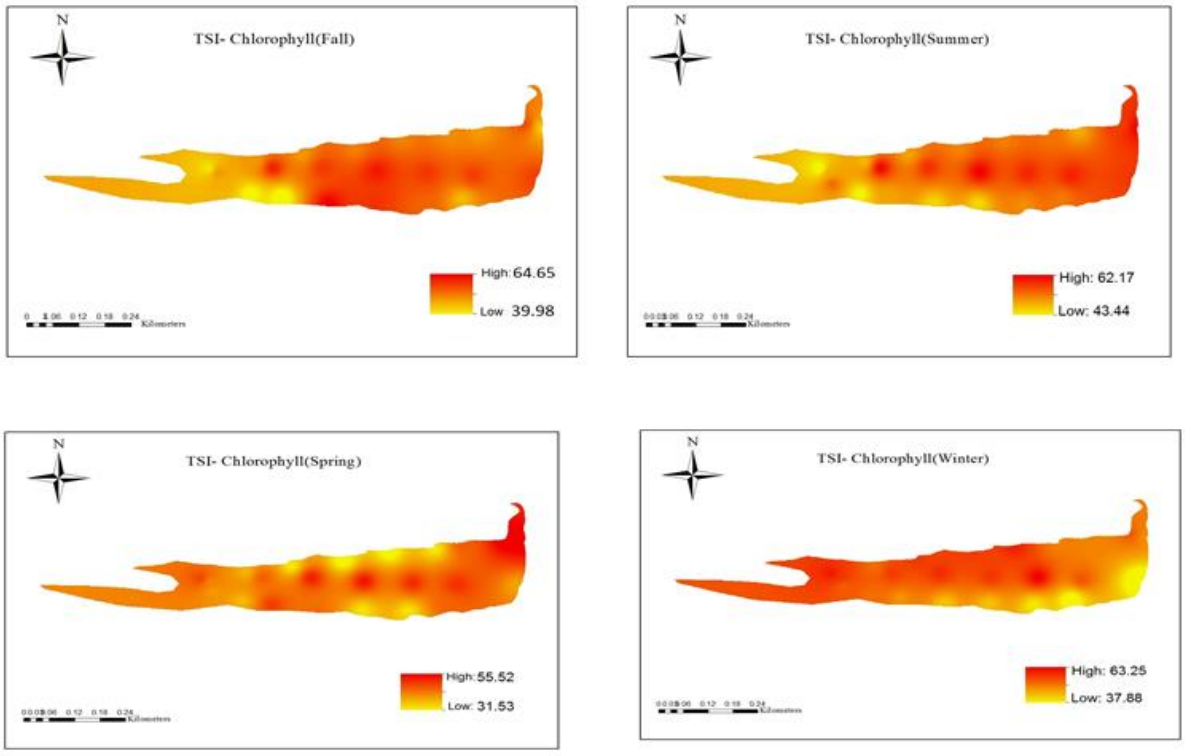
فصل	TSI(CHLa)	طبقه بندی	TSI (SD)	طبقه بندی	TSI (TP)	طبقه بندی	TSI (TP) + TSI (CHLa) + TSI (SD) /۳	طبقه بندی
تابستان	۵۳/۴۸	اوتروف	۶۳/۳۳	اوتروف	۲۶/۷۵	الیگوتروف	۴۷/۸۶	مزوتروف
پاییز	۵۳/۶۹	اوتروف	۶۱/۶۱	اوتروف	۶۹/۲۲	اوتروف	۶۱/۵۱	اوتروف
زمستان	۵۳/۶۷	اوتروف	۶۰/۹۳	اوتروف	۵۵/۱۷	اوتروف	۵۶/۵۹	اوتروف
بهار	۴۲/۷۵	مزوتروف	۶۱/۵۸	اوتروف	۳۵/۳۰	الیگوتروف	۴۶/۵۵	مزوتروف

شکل ۲، نقشه‌های شاخص کارلسون بر اساس کلروفیل-آ می‌باشد که نشان می‌دهند که تقریباً تمام خلیج در وضعیت اوتروف قرار دارد. در تابستان و پاییز نواحی شرقی و مرکزی خلیج پرتولیدتر از نواحی غربی می‌باشند

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.4.8]

درحالی‌که در فصل زمستان وضعیت عکس می‌باشد. در بهار نواحی عمیق مرکزی و بخش دهانه خلیج پرتولیدتر از سایر قسمت‌ها می‌باشد.



شکل ۲: نقشه‌های درون‌یابی شاخص کارلسون بر مبنای کلروفیل-آ در فصول مختلف در خلیج‌گرگان

Fig 2: Figure 2: Carlson index interpolation maps based on chlorophyll-a in different seasons in the Gorgan Bay

بحث

اوتروفیکاسیون یکی از مشکلات عمده دریاچه‌ها، تالاب‌ها و رودخانه‌ها در سراسر جهان می‌باشد (Mirzajani *et al.*, 2010). منابع آبی کم عمق نظیر تالاب‌ها و خلیج‌ها در مقایسه با منابع آبی عمیق‌تر در اثر ورود مواد مغذی از حوضه‌های آبریز اطراف سریع‌تر در معرض تغییرات اکولوژیک قرار می‌گیرند و آسیب پذیرترند (Nouri *et al.*, 2010). وضعیت تروفیک منابع آبی معمولاً از طریق فاکتورهای زیستی (کلروفیل-آ) و غیر زیستی (نیترات و فسفات و عمق) اندازه‌گیری می‌شوند (Sass *et al.*, 2007). بررسی مقادیر شاخص کارلسون بر حسب کلروفیل-آ نشان داد که خلیج گرگان در سه فصل تابستان، پاییز و زمستان در وضعیت اوتروف و در فصل بهار در وضعیت مزوتروف قرار دارد. در مطالعه حاضر بر اساس میزان فسفات، در فصل‌های پاییز و زمستان اوتروف و در فصل‌های تابستان و بهار در وضعیت اولیگوتروف قرار دارد و بر اساس شفافیت در هر چهار فصل در وضعیت اوتروف قرار دارد. عقیلی و همکاران (۱۳۹۷) سطح تروفی در کل خلیج را براساس میزان فسفرکل، وضعیت مزوتروف و بر اساس میزان نیتروژن کل، وضعیت را مزوتروف متمایل به اوتروف گزارش کرد. محمدخانی و همکاران (۱۳۹۶) بر اساس میزان فسفر، سطح تروفی در کل خلیج گرگان را، مزوتروف و بر اساس اندازه حداکثر عمق دید، اوتروف گزارش کرد. Carlson (۱۹۷۷) پیشنهاد کرد، از آن‌جایی‌که کلروفیل برآوردکننده مستقیم وزن جلبک است، از آن به عنوان فاکتور اولیه شاخص استفاده شود.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.4.8]

عمق سکشی‌دیسک و فسفر کل و نیتروژن کل فقط در صورت در دسترس نبودن مقادیر کلروفیل، باید برای تعیین حالت تروفیک استفاده شود (Carlson, 1977). در رابطه با شاخص کارلسون بر اساس کلروفیل-آ برای خلیج تاکنون گزارشی منتشر نشده است، اما با توجه به گزارش‌های حاضر و قبلی، موضوعی که مسلم است این است که خلیج در محدوده مزوتروف به اوتروف می‌باشد و کنترل و مدیریت دقیق‌تر و بیشتر این اکوسیستم با ارزش ضروری است. کلروفیل بیشتر مربوط به فیتوپلانکتون‌های بیشتر و حالت اوتروفیک بیشتر دریاچه است. Hosmani (۲۰۱۰) عقیده دارد که اندازه‌گیری کلروفیل می‌تواند به عنوان یک شاخص اصلی برای طبقه بندی حالت تروفیک و استنباط عملکرد دریاچه استفاده شود. بیشترین میزان کلروفیل-آ در فصول تابستان تا زمستان ثبت شد که می‌تواند به دلیل افزایش دمای آب در فصل تابستان و به تبع آن افزایش گروه‌های غالب فیتوپلانکتونی باشد. در سایر مطالعات نیز بیان شده است که غلظت کلروفیل-آ در حوزه جنوبی خزر با افزایش درجه حرارت سطح آب به حداکثر خود می‌رسد (Nezlin, 2005). تغییرات غلظت کلروفیل-آ در پاییز و زمستان نیز با تغییرات درجه حرارت سطحی آب هماهنگ می‌باشد. درجه حرارت کمتر دلالت بر تشدید اختلاط آب‌های زیرین بر اثر وزش باد دارد که سبب افزایش ورود مواد مغذی به لایه‌های فوقانی و سبب افزایش نرخ رشد فیتوپلانکتون و زیتوده فیتوپلانکتون می‌شود که مطابق با مطالعات Nezlin (۲۰۰۵) می‌باشد.
میزان نیم میکروگرم در لیتر غلظت کلروفیل به عنوان حد مرز یوتریفیکیشن در محیط‌های دریایی محسوب می‌شود (Shahrban and Etemad Shahid, 2010). ورود بیش از حد مواد مغذی از طریق فعالیت‌های انسانی می‌تواند به میزان قابل توجهی سرعت روند طبیعی را تغییر داده و باعث افزایش شود. با توجه به خصوصیات خلیج‌گرگان از جمله ورود فاضلاب‌های شهری کشاورزی و صنعتی، عمق بسیار کم، مصون بودن از امواج شدید، چرخه اکولوژیک پیچیده‌تر و ترکیب گونه‌ای خاص (جوانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ محمدخانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ عقیلی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Karbassi and Amirnezhad, 2004؛ Sharbaty *et al*., 2010)، مشاهده میزان بالای کلروفیل در طول سال میسر است. در مطالعات پیشین بر اساس فاکتورهای غیرزیستی یوتروف بودن خلیج گرگان گزارش شد در حالی که تاکنون گزارشی مبنی بر درجه اوتروفی خلیج بر اساس فاکتورهای زیستی گزارش نشده بود و مطالعات حاضر نشان داد خلیج از نظر فاکتور زیستی نیز، ناحیه اوتروف محسوب می‌شود. به طور کلی، نتایج این مطالعه و مطالعات پیشین نشان می‌دهد که خلیج در مرحله اوتروف قرار گرفته و اقدامات اساسی برای کاهش ورود مواد مغذی ناشی از تخلیه فاضلاب شهری، صنعتی و کشاورزی به خلیج‌گرگان برای حفاظت از آن ضروری است. همچنین پیشنهاد می‌شود این مطالعات به صورت متوالی (دوره‌های حداقل یک‌ساله) انجام شود تا اطلاعات دقیق‌تر و جامع‌تری جهت اقدامات آینده در اختیار محققان، افراد و سازمان‌های ذی‌ربط در دسترس قرار گیرد.

تشکر و قدر دانی

از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به جهت تأمین مالی، شرکت مادر تخصصی ماهیان خاویاری استان گلستان و اداره کل محیط زیست استان گلستان به جهت تأمین تجهیزات و ادوات نمونه برداری تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید.

منابع

استاندارد ملی ایران،شماره ۵-۵۷۱۱. ۱۳۸۱. آب-واژه نامه-بخش پنجم-شیمیایی و آمار. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۵۲ ص. http://standard.isiri.gov.ir

جباری، ح. و منتصری، م.، ۱۳۹۹. بررسی شرایط تروفی تالاب کانی برازان مهاباد با استفاده از فسفر زیست فراهم رسوبات و شاخص کارلسون. تحقیقات کاربردی خاک، ۸(۱): ۱۳۶-۱۴۸.

جوانی، ع.، شهرآیینی، ح. ط.، محمدخانی، ح.، منصوری، ب. و طبری، ا. ح.، ۱۳۹۳. تغییرات زمانی- مکانی غلظت نیترات و فسفات در خلیج‌گرگان. علوم و مهندسی محیط زیست، ۱(۳): ۱-۱۳.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.4.8]

رحمتی، ر.، پورغلام، ر. و دوستدار، م.، ۱۳۹۱. وضعیت تروفی بر اساس شاخص کارلسون در آب بندان طبیعی مرزن آباد بابل. مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، ۶(۳): ۱۴-۲۴.

شیخستانی، ن.، ۱۳۸۰. تبیین شاخص‌های کیفی آب‌های سطحی و کاربرد آن در ارزیابی آسیب‌پذیری کیفی و پهنه‌بندی رودخانه‌ها. پایان نامه‌ی کارشناسی‌ارشد. دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران. ۲۳۶ ص

طاهری تیزرو، ع. و قشقایی، م.، ۱۳۹۵. تعیین وضعیت تغذیه گرایی دریاچه سد اکباتان با استفاده از شاخص کارلسون. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۶(۲۳): ۹۲-۱۰۲.

عابدینی، ع.، باقری، س.، میرزاجانی، ع.ر.، قانع، ا. و طلاکش، م.ر.، ۱۴۰۰. رند تغییرات شاخص تغذیه گرایی (TSI) دریاچه چیتگر طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۸. نشریه علمی اکوبیولوژی تالاب، ۱۳(۴۷): ۹۱-۱۰۴.

عقیلی، ک.، آقایی‌مقدم، ع. و عقیلی، س.م.، ۱۳۹۷. مطالعه‌سطح تروفیکی خلیج‌گرگان. مجله‌آبزیان‌دریای‌خزر، ۳ (۱): ۵۵-۶۲.

فلاح، م.، پیرعلی زفره ئی، ا. ر. و ابراهیمی درچه، ع.، ۱۳۹۷. ارزیابی وضعیت تروفی تالاب بین المللی انزلی با استفاده از شاخص کارلسون (TSI). مجله پژوهش آب ایران، ۲۸: ۲۱-۲۹.

محمدخانی، ح.، مظاهری‌کوهستانی، ز. و قربانی، ر.، ۱۳۹۶. بررسی ترکیب و تنوع زیستی فیتوپلانکتون‌های خلیج‌گرگان-محدوده‌ی استان گلستان. مجله بوم شناسی آبزیان، ۷ (۱): ۱۱۵-۳۹.

مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، پرافکنده، ف.، فضلی، ح.، میرزایی، ر.، حسین پور، ح.، کیهان ثانی، ع.ر. و دوستدار، م.، ۱۳۹۴. پایش کیفیت آب و پدیده تغذیه‌گرایی دریاچه سد آزاد سنندج با استفاده از شاخص کیفیت آب ایران و شاخص غنی شدگی کارلسون. مجله علمی شیلات ایران، ۲۶(۲): ۶۹-۷۹.

موسوی، غ.، ۱۳۸۸. مهندسی آب (جلد اول). انتشارات حفیظ تهران، چاپ دوم. ۳۸۲ صفحه.

ویسی، ک.، سمرقندی، م.ر. و نورمرادی، ح.، ۱۳۹۳. پایش پدیده تغذیه گرایی در دریاچه سد مخزنی اکباتان با بهره گیری از شاخص غنی شدگی کارلسون. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ۲۲: ۴۲-۵۰.

APHA (American Public Health Association), 2000. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, Washington. 20th Edition. 2462p.

APHA (American Public Health Association), 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. Washington DC,USA. 424 p.

Bukata, R.P., 2005. Satellite Monitoring of Inland and Coastal Water Quality: Retrospection, Introspection, Future Directions. CRC Press, Ontario, 272 Pages.

Carlson, R.E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22: 361-369. DOI:10.4319/lo.1977.22.2.0361

Cloern, J.E., Foster, S.Q. and Kleckner, A.E., 2014. Phyto-plankton primary production in the world's estuarine-coastal ecosystem. *Biogeosciences*, 11: 2477–2501. DOI: 10.5194/bg-11-2477-2014.

Coelho, S., Gamito, S. and Perez-Ruzafa, A., 2007. Trophic state of Foz de Almargemcoastal lagoon (Algarve, South Portugal) based on the water quality and the phytoplankton community. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71: 218-231. DOI:10.1016/j.ecss.2006.07.017.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.4.8]

Dastdaran, M., Morovvati, H., Arasteh, A.M., Azad, M.T. and Lary, K., 2017. A Comprehensive Model Hydrodynamic and Sediment in The Gorgan Bay. *World Journal of Environmental Biosciences*, 6: 50-55. https:// environmentaljournals.org/ storage/models/article/ xYpFTtWpwucEfXsEhpfjIC9tXlLFXU9e57UyGPahtWkCedjcQyRLqMPVLhAi/a-comprehensive-model-hydrodynamic-and-sediment-in-the-gorgan-bay.pdf

Field, C.B., Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T. and Falkowski, P., 1998. Primary production of the bio-sphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science*, 281(5374):237-240.DOI: 10.1126/science.281.5374.237.

Hosmani, S.P., 2010. Trophic State Index in Conservation of lake Ecosystems. *Advances in Plant Sciences*,3, 593-596. DOI: 10.4329/131568500

Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J.A., Hughes, T.P., Kidwell, S., Lange, C.B., Lenihan, H.S., Pandolfi, J.M., Peterson, C.K., Steneck, R.S., Tegner, M.J. and Warner, R.R., 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*. 293:629-638. DOI: DOI: 10.1126/science.1059199

Jorgensen, S.E., 2003. The application of models to find the relevance of residence time in lake and reservoir management. *Journal of Limnology*, 62: 16-20. DOI:10.4081/jlimnol.2003.s1.16

Kalytyte, D., 2007. Summer phytoplankton in deep Lithuanian lakes, *Ekologica*. 53(4): 52-58. DOI: 10.1126/EK5374.237

Karbassi, A.R. and Amirnezhad, R., 2004. Geochemistry of heavy metals and sedimentation rate in a bay adjacent to the Caspian Sea, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1(3):191-198. DOI:10.1007/BF03325832

Khan, F.A. and Ansari, A.A., 2005. Eutrophication: an ecological vision. *The Botanical Review*, 71(4): 449-482. http://www.jstor.org/stable/4354503

Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaelli, D.G., Schimd, B.,Tilman, D. and Wardle, D.A., 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: *Current Knowledge Future Challenges Science*, 294: 804-808. DOI: 10.1126/science.1064088.

Mirzajani, A.R., Khodaparast Sharifi, H., Babaei, H., Abedini, A. and Dadai Ghandi, A., 2010. Eutrophication trend of Anzali wetland based on 1992-2002 data. *Journal of Environmental Studies*, 35(52): 19-21. DOI: 20.1001.1.10258620.1388.35.52.7.1

Moncheva, S., Dontcheva, V., Shtereva, G., Kamburska, L., Malej, A. and Gorinstein, S. 2002. Application of eutrophication indices for assessment of the Bulgarian Black Sea coastal ecosystem ecological quality. *Water Science and Technology*, 46(8): 19-28. DOI: 12420962

Nezlin, P., 2005. Patterns of seasonal and interannual variability of remotely sensed

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.4.8]

chlorophyll. Springer, Berlin, *Heidelberg*, 157 p. http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/698_5_007.pdf

Nixon, S.W., 1995. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, 41: 199–219. DOI: 10.1080/00785236.1995.10422044

Nixon, S.W., 2009. Eutrophication and the macroscope. *Hydrobiologia*, 629: 5-19. DOI: 10.1007/s10750-009-9759-z.

Nouri, J., Mirbagheri, S.A., Farrokhian, F., Jaafarzadeh, N. and Alesheikh, A.A., 2010. Water quality variability and eutrophic state in wet and dry years in wetlands of the semiarid and arid regions. *Environment and Earth Science*, 59: 1397-1407. DOI: 10.1007/s12665-009-0126-1

Sass, G.Z., Creed, I.F., Bayley, S.E. and Devito, K.J., 2007. Understanding variation in trophic status of lakes on the Boreal plain: A 20 year retrospective using Landsat TM imagery. *Remote Sensing of Environment*, 109: 127-141. DOI:10.1016/j.rse.2006.12.010

Shahrban, M. and Etemad-Shahidi, A., 2010. Classification of the Caspian Sea coastal waters based on trophic index and numerical analysis. *Environment Monitoring and Assessment*. 164(1):349-356. DOI: 10.1007/s10661-009-0897-6

Sharbaty, S., Imanpour, M.R. Gorgin S. and Hosseini, S., 2010. The first phase of simulation studies of short-term sea currents in the Gorgan Bay, Research Report, *Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 71p. https://www.researchgate.net/publication/338372267_3-D_Simulation_of_Wind-Induced_Currents_Using_MIKE_3_HS_Model_in_the_Caspian_Sea

Smith, V.H., 2007. Microbial diversity-productivity relationships in aquatic ecosystems. *FEMS Microbial Ecology*. 62:181-186. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2007.00381.x

Tusseau-Vuillemin, M.H., 2001. Do food processing industries contribute to the eutrophication of aquatic systems?.*Ecotoxicology and Environmental Safety*. 50(2):143-152. DOI: 10.1006/eesa.2001.2083.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.4.8]

Evaluation of the Gorgan Bay trophy status with Carlson index (CTSI)

Maleki P. [1]; Patimar R.[1*]; Jafariyan H. [1]; Salmanmahiny A.[2]; Ghorbani R. [2]; Gholizadeh M. [1]; Harsij M. [1]

1-Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Iran
2-Department of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

*rpatimar@yahoo.com

Abstract

Over the past years, eutrophication due to human activities has been recognized as a major ecological problem for the coastal areas, which in turn leads to significant changes in physico-chemical and biological factors. The aim of the present study was to determine the eutrophication status of the Gorgan Bay, which was evaluated using the Carlson index as one of the efficient methods for assessing the eutrophication status of water bodies. The Gorgan Bay is located in the southeast of the Caspian Sea. The sampling was carried out in 23 stations with three replications seasonally from summer 2018 to spring 2019. Nitrate, phosphate, chlorophyll α, depth, and transparency were measured in each sample. Carlson's index in terms of chlorophyll α showed that the bay is in the eutrophic status in three seasons including summer, autumn, and winter (with the numbers 53.48, 53.69, and 53.67, respectively), and the mesotrophic status in spring (with the number 42.75). In terms of phosphate concentration, the bay was eutrophic in autumn and winter, and in summer (69.22 and 55.17) and oligotroph in spring (26.75 and 35.30), while in terms of transparency the bay was categorized as eutrophic in all seasons (63.33, 61.61, 69.93 and 61.58, respectively). In general, the results showed that the bay is in the range of mesotrophic to eutrophic status and therefore, more conservation management of this unique ecosystem is essential.

Keywords: Gorgan Bay, Trophy, Carlson’s index, Chlorophyll-α, Depth, Nitrate, Phosphate

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.4.8]