مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

وضعیت تروفی و توان تولید ماهی در دریاچه سد گلبلاغ (شرق استان کردستان)

حبیب‌الله محمدی[۱و٤]، سید یوسف پیغمبری[۱*] شهرام عبدالملکی[۲]، مریم فلاحی[۳]، رسول قربانی[۱]، سید عباس حسینی[۱]

[۱] گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۲] موسسه تحقیقات بین‌المللی تاس ماهیان دریای خزر، رشت

[۳] پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی ایران، بندر انزلی

[٤] گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۵/۰۱/۲۷
اصلاح: ۹۵/۰۳/۰۹
پذیرش: ۹۵/۰۳/۱۰

کلمات کلیدی:
تروفی
دریاچه گلبلاغ
زئوپلانکتون
فیتوپلانکتون
ماکروبنتوز

چکیده

بررسی وضعیت تروفی و توان تولید ماهی دریاچه‌ها دو اصل ضروری در اعمال مدیریت شیلاتی می‌باشند. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی وضعیت تروفی و توان تولید ماهی دریاچه سد گلبلاغ (شرق استان کردستان) از آبان ۱۳۹۲ تا آخر شهریور ۱۳۹۳ انجام شد. فاکتورهای فیزیکی‌وشیمیایی و اطلاعات مورد نیاز دریاچه از قبیل میزان کلروفیل a، تراکم و غالبیت شاخه‌های فیتوپلانکتون و زی‌توده زئوپلانکتون و ماکروبنتوز دریاچه جهت برآورد توان تولید ماهی و شاخص‌های تروفی، مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین سطح تروفی از شاخص‌های مختلف تروفی Carelson، ازت کل Kratzer و Brezonik جدول Li و Mathias استفاده شد. برای ارزیابی توان تولید ماهی دریاچه نیز از مدل‌های Ryder، Janjua، De Silva و Funge-Smith، Li و Mathias و Downing استفاده شد. خروجی مدل‌ها نشان داد که دریاچه گلبلاغ در گروه دریاچه‌های یوتروف تا هایپرتروف قرار دارد، همچنین متوسط توان تولید سالانه ماهی ۷۲/۱۳±۱۳۸/۴۲ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. با توجه به تروفی بالای دریاچه انتظار می‌رفت توان تولید ماهی نیز بالا باشد اما با توجه به تراکم پایین فیتوپلانکتون که احتمالاً به دلیل میانگین پایین دمای سالانه (۱۶/۰۸ ^{0}C) دریاچه و فشار تغذیه ماهیان پلانکتون‌خوار است، توان تولید ماهی دریاچه در حد متوسط تخمین زده شد.

مقدمه

دریاچه‌های پشت سدها علاوه بر اهمیت اقتصادی- اجتماعی از نظر اکولوژیک نیز به‌عنوان منابع با ارزشی در تولید ماهی به شمار می‌آیند و به دلیل حجم بالای مواد غذایی محلول و بار مواد آلی وارد شده از حوضه آبریز جزو سیستم‌های باروری هستند که مواد غذایی آبزیان را تأمین می‌کنند (Sabkara and Makaremi, 2004). تولیدات اولیه و وضعیت تروفی در دریاچه‌ها پایه و اساس شبکه غذایی آبزیان را تشکیل می‌دهند و پیش نیاز هرگونه فعالیت شیلاتی در دریاچه می‌باشند و در مطالعات متعددی ثابت شده است که توان تولید و استحصال ماهی از دریاچه‌های آب شیرین همبستگی زیادی با میزان فاکتورهای تعیین کننده توان تولید از قبیل کلروفیل a، شاخص‌های شکل- خاکی دریاچه[۱]، مواد مغذی (مهمترین آن‌ها فسفر

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: sypaighambari@ gau.ac.ir

[1] Morphoedaphic

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

کل و ازت کل)، هدایت الکتریکی و برخی دیگر از فاکتورهای فیزیک‌وشیمیایی آب دریاچه دارد (Deines *et al*., 2015). روش‌های زیادی برای تعیین سطح تروفی و توان تولید در دریاچه‌ها و سدها بر اساس خصوصیات و فاکتورهای شکل و بافت خاک یا براساس بیوماس پلانکتون و بنتوز دریاچه به طور وسیعی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Ryder, 1965; Bachmann *et al*., 1995; Brown *et al*., 2000; De Silva *et al*., 2005; Baigún, *et al*., 2007; Lara *et al*., 2009; Jarosiewicz *et al*., 2011; Yaoyang *et al*., 2015; Cigagna *et al*., 2016).

با توجه به اهمیت موضوع در ایران نیز مطالعات مختلفی انجام‌شده است. انجام مطالعات جامع دریاچه مخزنی ارس (Safai, 1999)، دریاچه‌های ماکو و مهاباد (Abdolmaleki *et al*., 2001)، تالاب انزلی (Paighambari, 1995; Khodaparast, 2003) و مطالعات لیمنولوژیک و ارزیابی ذخایر سد خندق‌لو در استان زنجان (Abdolmaleki *et al*., 2014) اشاره کرد. Mosavi nadoshan و همکاران (۲۰۰۸) مطالعه تعیین وضعیت تروفی و پتانسیل تولید ماهی در دریاچه چغاخور را با استفاده از شاخص تعیین تروفی Carlson (TSI) و توان تولید ماهی را از طریق فسفر کل، تولیدات اولیه و زی‌توده ماکروبنتوزها محاسبه کردند. Rahmani و Abbasi رحمانی و عباسی (۲۰۱۵) رابطه بین مواد مغذی و تولیدات اولیه دریاچه زریوار کردستان را با استفاده از مدل‌های برآورد کلروفیل a مورد بررسی قرار دادند. از سایر مطالعات دنیا می‌توان به مطالعه Carlson (۱۹۷۷) اشاره کرد که در مطالعه خود شاخص TSI را با استفاده از فاکتورهای عمق رؤیت سکشی دیسک، فسفر کل و ازت کل برای تعیین تروفی دریاچه‌ها و Mishra و Garg (۲۰۱۱) تروفی دریاچه را با استفاده از برخی خصوصیات فیزیک‌وشیمیایی دریاچه با مطابقت با تصاویر ماهواره‌ای انجام دادند. Cigagna و همکاران (۲۰۱۶) وضعیت تروفی و خصوصیات فیزیک‌وشیمیایی دریاچه سد فینا[2] در برزیل را موردمطالعه قرار دادند و با استفاده از خصوصیات فیزیک‌وشیمیایی آب دریاچه از طریق شاخص تروفی Carlson (TSI) سطح تروفی دریاچه را در طول سال تعیین کردند. Oglesby (۱۹۷۷) مطالعه و بررسی ارتباط بین میزان تولید ماهی با محصول سرپای فیتوپلانکتون و فاکتورهای Morphoedaphic Index (خاکی-شکل دریاچه) دریاچه را مورد بررسی قرارداد. همچنین Ryder (۱۹۶۵) با مطالعه‌ای که در مورد ۳۴ دریاچه در شمال آمریکا انجام داد، مدلی بر اساس فاکتورهای شکلی- خاکی (TDS و عمق متوسط دریاچه) دریاچه برای ارزیابی توان تولید ماهی ارائه داد. همچنین Domine و همکاران (۲۰۱۰) ارتباط بین چرخه فسفر با تولیدات اولیه (فیتوپلانکتون) و توان تولید ماهی در دریاچه سد آستون[3] ایالت اوهایو آمریکا را بررسی کردند. Deines و همکاران (۲۰۱۵) ارتباط بین ماهیان آب شیرین، تولید و تروفی و اقلیم محلی ۷۰۰ دریاچه را در نقاط مختلف دنیا مورد بررسی قراردادند. نتایج آن‌ها نشان داد که فراوانی و تولید ماهی در دریاچه با افزایش فعالیت‌های تروفیکی و توان تولید دریاچه، افزایش می‌یابد.

دریاچه گلبلاغ استان کردستان از نوع خاکی–مخزنی با هسته رسی می‌باشد که با مساحت بیشینه حدود ۱۳۰ هکتار و ظرفیت اسمی ۸/۱ میلیون مترمکعب برای اهداف کشاورزی و آبزی‌پروری احداث شده است و در کنار آن صنعت توریسم نیز دایر است. در این دریاچه از سال ۱۳۸۲ عملیات رهاسازی بچه ماهی انجام می‌گیرد و از سال ۱۳۸۷ با تشکیل تعاونی صیادی عملیات صید و صیادی نیز شروع شده است. سایر عملیات شیلاتی و رهاسازی بچه ماهی در این دریاچه تا کنون بدون مطالعه علمی و پایه‌ای و بر اساس الگوهای دریاچه‌های دیگر و یا به صورت تجربی صورت گرفته است. لذا با توجه به اهمیت شیلاتی دریاچه، مطالعه حاضر در خصوص تعیین سطح تروفی و توان تولید ماهی جهت اتخاذ تصمیمات لازم و اعمال مدیریت شیلاتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

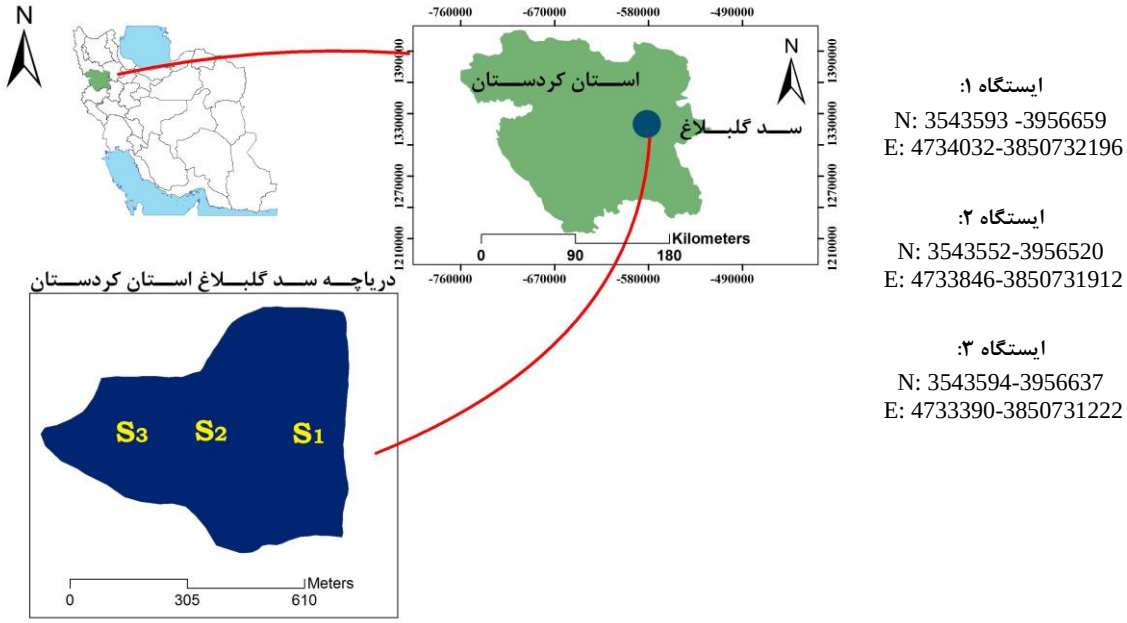
منطقه موردمطالعه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

دریاچه گلبلاغ در شرق استان کردستان و بر روی رودخانه اوزن‌دره (از سرشاخه‌های قزل‌اوزن) احداث شده است که آب آن از این رودخانه و نزولات جوی تأمین می‌شود. این دریاچه در ۱۵ کیلومتری محور بیجار- دهگلان و در موقعیت جغرافیایی "۶۰

[2] Feena Reservoir
[3] Acton Reservoir

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

´۷۲ °۳۵ شمالی و " ۴۰ ´۵۶ °۴۷ شرقی قرارگرفته است. ارتفاع دریاچه از سطح دریا با آب‌های آزاد حدود ۱۸۰۵ متر می‌باشد (Fisheries Organization of Kurdistan, 2012). با توجه به شکل، وسعت، عمق (عمق متوسط ۷ متر) و موقعیت دریاچه (منطقه ورودی، وسط و نزدیک تاج سد) ۳ ایستگاه ثابت نمونه‌برداری در پیکره دریاچه انتخاب و نمونه‌برداری انجام شد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت دریاچه گلبلاغ استان کردستان و ایستگاه نمونه‌برداری تعیین‌شده

بررسی فاکتورهای فیزیکی‌وشیمیایی آب دریاچه

نمونه‌برداری به‌صورت هر ۴۵ روز یک‌بار به مدت یک سال از پاییز ۹۲ تا تابستان ۹۳ با استفاده از روتنر از عمق‌های سطح، میانه و کف دریاچه انجام گرفت. به دلیل شرایط یخبندان (از ۱۵ آذر تا ۲۰ اسفند ۹۲) در فصل پاییز و زمستان فقط دو بار نمونه‌برداری انجام شد (یک‌بار در آبان و یک‌بار در اسفند). بعضی از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی از قبیل، دما، هدایت الکتریکی[4] و شفافیت در محل نمونه‌برداری به‌وسیله دستگاه مالتی پارامتر پرتابل مدل مالتی ۳۴۰ آی[5] و بقیه عوامل فیزیکوشیمیایی در آزمایشگاه با استفاده از روش کار استاندارد برای آزمایش آب ارائه‌شده توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا (APHA, 2005) انجام گرفت.

نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون دریاچه و اندازه‌گیری کلروفیل a

نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون از لایه سطحی و نورگیر دریاچه از عمق ۰/۵ تا ۳ متر توسط نمونه‌بردار روتنر انجام شد. سه نمونه نیم لیتری از هر ایستگاه به ظرف نمونه منتقل و سپس با فرمالین ۴ درصد تثبیت و جهت مطالعه به آزمایشگاه منتقل شد. روش نمونه‌برداری و محاسبه تراکم جمعیتی فیتوپلانکتون‌ها با استفاده از منابع (Sourina, 1978; Boney, 1989) و شناسایی نمونه‌ها با استفاده از منابع (Maosen, 1983; Sourina, 1978; Prescot, 1970; Edmondson, 1959) انجام شد. نمونه‌برداری کلروفیل a نیز با استفاده از دستگاه روتنر از لایه نورگیر آب انجام شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد و اندازه‌گیری کلروفیل a مطابق روش استاندارد انجمن بهداشت عمومی آمریکا انجام شد. در این روش نمونه‌ها با استفاده از استون ۹۰

[4] EC
[5] Molti340i

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

درصد استخراج و سپس جذب عصاره با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ۶۳۰، ۶۴۷ و ۶۶۴ نانومتر اندازه‌گیری شد (APHA[6], 2005).

بررسی کفزیان دریاچه

نمونه‌برداری از کفزیان با توجه به بافت گلی بستر از بنتوزگیر گراب با سطح مقطع ۲۲۰ میلی‌متر مربع انجام گرفت و سه تکرار نمونه‌برداری در هر ایستگاه اعمال شد. نمونه‌ها با الک ۰/۵ میلی‌متری شسته شدند و پس از تثبیت با فرمالین ۴٪ به آزمایشگاه منتقل شدند و در روز بعد با استفاده از کلید شناسایی (Ahmadi and Nafisi, 2001; Khatami, 2004) تفکیک و شمارش شدند. زی‌توده کفزیان با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند.

بررسی وضعیت تروفی دریاچه

مدل تروفیک Carelson TSI[7]

برای سنجش درجهٔ یوتریفیکاسیون در دریاچه گلبلاغ از مدل تروفیک Carelson, 1977) TSI) مطابق جدول ۱ و مدل تروفیکی نسبت فسفات به ازت کل (Carelson, 1992) و جدول Li و Mathias (1994) استفاده شد (جدول ۲).

از مدل TSI (Carelson) با استفاده از فرمول‌های زیر استفاده شد:

شاخص TSI برای کلروفیل a (µg/L): $TSI = 9.81 \text{ Ln Chlorophyll a (CA)} + 30.6$

شاخص TSI برای صفحه سکشی یا عمق شفافیت آب (m): $TSI = 60 - 14.41 \text{ Ln Secchi Depth (SD)}$

شاخص TSI برای فسفر کل (µg/L): $TSI = 14.42 \text{ Ln Total Phosphorous (TP)} + 4.15$

TSI کل: $\text{Carlson's TSI} = [TSI (TP) + TSI (CA) + TSI (SD)]/3$

بر اساس جدول ۱ شاخص تروفی Carelson برای تشخیص وضعیت تروفی دریاچه‌ها به شرح زیر می‌باشد.

مدلهای تروفیکی فسفات کل (Carlson, 1980) و ازت کل (Kratzer and Brezonik, 1981) برای وضعیت تروفیک مورد استفاده قرار گرفت.

$TSI (TP) = 14.42 \text{ Ln } (TP) + 4.15$

$TSI (TN) = 14.43 \text{ Ln } (TN) + 54.45$

در این فرمول‌ها TP فسفات کل و TN ازت کل می‌باشد.

جدول ۱. شاخص تروفی Carelson برای تشخیص وضعیت تروفی دریاچه‌ها

صفات	وضعیت تروفی	کلروفیل a (µg/L)	عمق شفافیت (m)	فسفر کل (mg/L)	کل TSI
آب شفاف، اکسیژن در سال تا بستر، خیلی عمیق با آب سرد،	الیگوتروف	۰/۰۹۵	> ۷/۹	< ۰/۰۰۶	< ۳۰
بستر دریاچه‌های کم‌عمق ممکن است فاقد اکسیژن باشد		۰/۰۹۵ -۲/۶	۳/۹- ۷/۹	۰/۰۰۶ -۰/۰۱۲	۳۰ - ۴۰
آب غالباً در تابستان تا حدی شفاف و اواخر تابستان احتمالاً سبزتر	مزوتروف	۲/۶- ۷/۳	۲/۰۱-۳/۹	۰/۰۱۲ -۰/۰۲۴	۴۰ - ۵۰
مشکلات گیاهان آبزی و جلبک‌ها، رنگ آب در سال اکثراً سبز	یوتروف	۷/۳- ۲۰	۱ -۲/۰۱	۰/۰۲۴ -۰/۰۴۸	۵۰ - ۶۰
جلبک‌های سبز-آبی غالب‌اند، مشکل کفاب جلبکی و گیاهان آبزی		۲۰ - ۵۶	۰/۴۹- ۱	۰/۰۴۸ -۰/۰۹۶	۶۰ - ۷۰
محدودیت حاصلخیزی ناشی از نور، تراکم بالای جلبک و گیاهان آبزی در تابستان	هایپرتروف	۵۶ – ۱۵۵	۰/۲۴-۰/۴۹	۰/۰۹۶ -۰/۱۹۲	۷۰ - ۸۰
کفاب جلبکی و مقدار بسیار اندک گیاهان آبزی		> ۱۵۵	< ۰/۲۴	۰/۱۹۲ -۰/۳۸۴	> ۸۰

[6] American Public Health Association

[7]. Trophic State Index

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

جدول ۲. شاخص مورداستفاده برای تعیین سطح تروفی دریاچه بر اساس مدل Li و Mathias (۱۹۹۴)

سطح تروفی	تولید اولیه (میلی‌گرم اکسیژن در مترمربع در روز)	گونه غالب فیتوپلانکتونی	COD	ازت کل (mg/l)	فسفر کل (mg/l)
الیگو تروف	< ۱	Chr, Ba	< ۱	< ۰/۲۵	< ۰/۰۱
مزوتروف	۱ – ۳	Ba, Py	۷	۰/۲۵ – ۱/۱	۰/۰۱ –۰/۰۳
یوتروف	۳ – ۷	Ba,Cy	۷ – ۱۵	> ۱/۱	>۰/۰۳
هایپریوتروف	> ۷	Cy, Chl , Eu	> ۱۵		

Chr=کریزوفیتا، Ba= باسیلاریوفیتا، Py= پیروفیتا، Cy= سیانوفیتا، Chl=کلروفیتا و Eu= اوگلنوفیتا

Carelson (1992) نیتروژن و فسفر را در یک معادله مشابه با استفاده از مدل تجربی نیتروژن–فسفر Walker قرارداد. مدل Walker (1976) میزان کلروفیل a را بر اساس متغیر ترکیبی X_{PN} محاسبه کرد که این متغیر ترکیبی از نیتروژن کل (میکروگرم در لیتر) و فسفر کل (میکروگرم در لیتر) می‌باشد. سپس کلروفیل a را به معادله شاخص TSI تغییر شکل داد.

Carlson (1992):

$$(X_{PN}) = \left[P^{-2} + \left[\frac{N - 150}{12} \right]^{-2} \right]^{-0.5}$$

$$\text{Log CHL}_{(PN)} = -0.7 + 1.25\text{Log}\,(X_{PN})$$

$$\text{TSI (PN)} = 9.81\ \text{Ln}_{(10}\,\text{CHL}_{(PN))} + 30.6$$

TSI (PN) شاخص تروفی فسفات به نیترات و P و N فسفات کل و ازت کل (برحسب میکروگرم در لیتر) و CHL مقدار کلروفیل برحسب میکروگرم در لیتر می‌باشد. بر اساس معیار فسفات کل به ازت[8]، مناطق کمتر از ۳۰ اولیگوتروف و بین ۳۰ تا ۵۰ مزوتروف و بالاتر از ۵۰ یوتروف معرفی می‌شوند. آستانه وضعیت‌های مختلف تروفی بر اساس کلروفیل a، فسفات کل و ازت کل و شاخص تروفی فسفات به نیترات برای مقایسه استفاده شد (Abdolmaleki *et al*., 2001).

برآورد توان تولید ماهی در دریاچه

مدل Li و Mathias

در مدل ارائه‌شده توسط Li و Mathias (1994) می‌توان از طریق زی‌توده، نسبت تولید به زی‌توده، فاکتور مقدار مصرف غذای زنده بدون تغییر در میزان تولید آن ماده غذایی و ضریب تبدیل غذایی، توان تولید ماهی در دریاچه را پیش‌بینی نمود. جهت برآورد توان تولید ماهیان پلانکتون‌خوار، غلظت کلروفیل a به‌عنوان شاخص زی‌توده جلبکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ازآنجایی‌که کلروفیل a، ۱/۵ درصد مواد آلی جلبک و مقدار ماده آلی جلبک نیز ۱۰ درصد زی‌توده جلبکی را شامل می‌گردد (Kratzer and Brezonik, 1981). بر این مبنا میزان زی‌توده جلبک در دریاچه محاسبه و میزان زی‌توده زئوپلانکتون برحسب انتقال انرژی به میزان ده درصد تعیین و مقدار تولید ماهیان پلانکتون‌خوار از مدل ارائه‌شده توسط Li و Mathias محاسبه می‌گردد. لازم به ذکر است که این فرمول برای تعیین توان تولید ماهیان بنتوز خوار نیز به کار رفت.

توان تولید به روش Li و Mathias (1994): $\text{Fish Productivity} = (B*(P/B)*U_f) / FCR$

B = زی‌توده ارگانیسم‌های غذایی P/B = نسبت تولید به زی‌توده ارگانیسم‌های غذایی

U_f = فاکتور مقدار مصرف غذای زنده بدون تغییر در میزان تولید FCR = ضریب تبدیل غذایی

مدل Ryder یا شاخص شکل- خاکی دریاچه (Morphoedaphic Index)

برای برآورد توان تولید ماهی از شاخص شکل- خاکی دریاچه نیز استفاده شد (Ryder, 1965).

[8] TSI (PN)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

بر اساس این رابطه داریم: $Y = 23.281 * MEI^{0.447}$

که در این رابطه، Y میزان تولید ماهی به کیلوگرم در هکتار و MEI شاخص شکل- خاکی دریاچه می‌باشد که یکی از پارامترهای مورد استفاده برای محاسبه آن کل مواد جامد معلق می‌باشد که از تقسیم کردن میزان هدایت الکتریکی در آب[9] بر عمق متوسط (MEI=EC/Depth)، این شاخص اندازه‌گیری می‌شود. در این تحقیق از هدایت الکتریکی برای محاسبه MEI و در نهایت برآورد تولید ماهی استفاده شد.

مدل Janjua

Janjua و همکاران (2008) نیز فرمول دیگری را برای محاسبه تولید ماهی بر اساس شاخص MEI و مساحت دریاچه به شرح زیر ارائه داده‌اند: $\text{Log } Y=1.4071+0.3697\log MEI-0.00005465\ A$

که در این معادله، A مساحت دریاچه برحسب کیلومترمربع می‌باشد.

مدل De Silva و Funge-Smith

De Silva و Funge-Smith (2005) معادله‌ای برای برآورد تولید ماهی بر اساس میزان رهاکرد بچه ماهیان ارائه دادند که به‌صورت زیر می‌باشد: فرمول De Silva و Funge-Smith $Y=15.88+0.184SD$

در این رابطه SD تعداد بچه ماهیان رهاسازی شده در هکتار و Y محصول ماهی در هکتار می‌باشد. در این رابطه میانگین میزان رهاکرد بچه ماهیان طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲ در دریاچه بر اساس تعداد رهاکرد در هکتار محاسبه و به کار رفت.

مدل Oglesby

Oglesby در سال ۱۹۷۷ ارتباط بین محصول ماهی را با محصول سرپای فیتوپلانکتون تابستانه برای دریاچه‌های معتدله با سطح تروفی الیگوتروف تا یوتروف با مساحت کوچک تا بزرگ و با اعماق خیلی کم تا عمیق بررسی نمود. او مدل زیر را برای برآورد تولید ماهی در دریاچه‌ها و مخازن ارائه داد: مدل Oglesby (1977) $Y= -1.98 + 1.17\ \text{LogChl a}$

Y: محصول سالیانه ماهی بر اساس وزن خشک در مترمربع سطح دریاچه

Chl a: محصول سرپای فیتوپلانکتون تابستان

مدل Downing و همکاران

Downing و همکاران (2001) مدل ارزیابی توان تولید ماهی بر اساس فسفر کل را ارائه کردند.

P_f توان تولید (Kg/Ha) و TP فسفر کل برحسب (µg/l) $\log_{10}P_f = 0.332 + 0.531\log_{10}TP$

برای آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۱ و رسم نمودارها در نرم‌افزار Excel انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف[10] بررسی شد، پس از اطمینان از نرمال بودن داده ها برای تعیین و مقایسه سطوح اختلاف بین میزان کلروفیل a در فصول مختلف از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه[11] استفاده شد.

نتایج

نتایج آنالیز و پایش عوامل فیزیک‌وشیمیایی مورد نیاز جهت ارزیابی تعیین سطح تروفی و توان تولید ماهی در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به عمق کم دریاچه و بادخیز بودن منطقه در طول دوره مطالعه لایه‌بندی حرارتی در دریاچه مشاهده نشد.

[3] Electric Conductivity
[10] Kolmogorov-Smirnov
[11] One way ANOVA

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

کلروفیل a

میانگین کلروفیل a در خرداد با مقدار ۲/۱۶ میلی‌گرم در لیتر بیشترین میزان در سال بود که با همـه زمـان‌هـا دارای اخـتلاف معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). همچنین شهریور با میانگین ۰/۴۶ میلی‌گرم در لیتر دارای کمترین میزان بود کـه بـا مـاه‌هـای دیگـر به‌جز خرداد، اختلاف معنی‌دار ندارد (شکل ۲).

فیتوپلانکتون

میانگین تراکم سالانه فیتوپلانکتونی ۱۶۶۲ سلول در میلی‌لیتر به دست آمد. شاخه Chlorophyta و Cyanophyta به ترتیب با میانگین تراکم ۲۷۲۳ و ۲۵۵۲ سلول در میلی‌لیتر و فراوانی ۲۷ و ۲۶ درصد از کل جمعیت بیشترین فراوانی را داشته و شـاخه Euglenaophyta با میانگین تراکم ۷۹۲ سلول در میلی‌لیتر و حدود ۸ درصد جمعیت را شامل شده و کمترین تراکم را داشـته است (شکل ۳) که در مقایسه با سایر شاخه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بودند (P<۰/۰۵).

تعیین سطح تروفی دریاچه

بر اسـاس میـانگین غلظـت‌هـای انـدازه‌گیـری شـده فسـفر کـل (۰/۶۲ میلـی‌گـرم در لیتـر)، ازت کـل (۲/۳۰ میلـی‌گـرم در لیتـر)، عمـق قابـل‌مشـاهده سشـی‌دیسـک (۰/۲ ۵۰ سـانتی‌متـر) و کلروفیـل a (۱/۰۸ µg/L) مخـزن سـد گلـبلاغ میـزان شـاخص تروفیکـی TSI (Carelson, 1977) بـرای صـفحه سشـی برابـر ۷۱/۸۲±۷/۲۳، بـر اسـاس کلروفیـل a برابـر ۲۹/۹۲±۵/۰۹ و بـر اسـاس فسـفر کـل ۹۴/۷±۷/۷۷ مـی‌باشـد کـه بـر اسـاس متوسـط ایـن سـه شـاخص برابـر ۶۵/۴۷±۱/۶۷ مـی‌باشـد. همچنـین بـر اسـاس نیتـروژن کـل ۶۶/۱۶±۳/۱۵ و بـر اسـاس شـاخص تروفـی فسـفات بـه نیترات برابر ۹۸/۵۷±۶۵/۸۵ اندازه‌گیـری شـد. بـا مراجعـه بـه جـدول ۱، ایـن مقـادیر در محـدوده دریاچـه‌هـای یـوتروف تـا فـوق یـوتروف قـرار دارد. بـر اسـاس جـدول تروفـی Li و Mathias (1994) بـا توجـه بـه اینکـه شـاخه‌هـای غالـب فیتوپلانکتـون دریاچـه در طـول سـال کلروفیتـا و سـیانوفیتا بـوده و COD ۵۱/۲۵، ازت کـل ۲/۳ و فسـفر کـل ۰/۶۲ میلی‌گرم در لیتر بود، دریاچه گلبلاغ در سطح تروفی فوق یوتروف قرار می‌گیرد (جدول ۴).

برآورد تولید ماهی دریاچه

مدل Li و Mathias

بـر اسـاس مـدل Li و Mathias تـوان تولیـد ماهیـان فیتوپلانکتـون‌خـوار، زئوپلانکتـون‌خـوار و بنتـوزخـوار دریاچـه محاسـبه و در جـدول ۵ آورده شـده اسـت. در محاسـبه زی‌تـوده فیتوپلانکتـون و زئوپلانکتـون عمـق متوسـط دریاچـه ۷ متـر در نظـر گرفتـه شـد. میـانگین سـالانه زی‌تـوده فیتوپلانکتـون ۵۰/۷ و تـوان تولیـد مـاهی‌هـای فیتوپلانکتـون خـوار دریاچـه ۲۱/۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد.

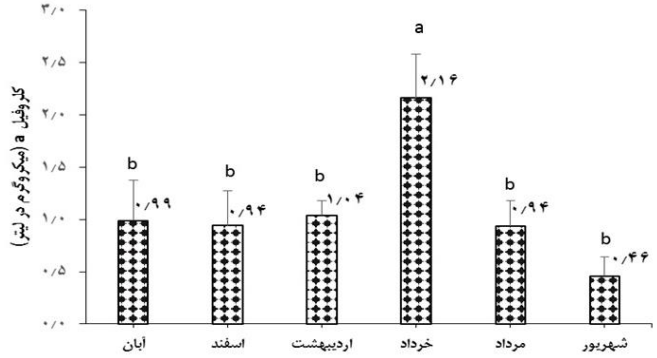
جدول ۳. نتایج (میانگین±انحراف معیار) عوامل فیزیک‌وشیمیایی مورد استفاده در تعیین تروفی و ارزیابی توان تولید ماهی دریاچه گلبلاغ کردستان

پارامترها / ماه‌ها	دمای آب (c)	EC	شفافیت (Cm)	Tot P (mg/l)	Tot N (mg/l)	عمق (m)	COD (mg/l)
آبان	۹/۹۰±۰/۲	۱۴۸۱±۲۵۲	۲۷±۴	۰/۳۳±۰/۰۷	۲/۲۹±۰/۲	۲/۳۰±۱/۳	۴۳/۳±۱/۲۵
اسفند	۷/۵۷±۱/۷	۱۳۶۱/۷±۱۳/۴	۹۰±۱۷/۳	۱/۲۶±۰/۱۳	۲/۹۹±۰/۴	۵/۳۸±۲/۱	۱۵/۳±۹/۸
اردیبهشت	۱۶/۳۳±۱/۱	۱۴۲۲±۷/۲	۶۶/۶۷±۱۴/۱	۱/۳۹±۰/۱۲	۲/۶۵±۰/۲	۶/۰۳±۲/۲	۱۸/۷±۱۰/۳
خرداد	۲۰/۳۳±۰/۳	۱۴۳۹/۷±۴۰	۵۸/۳۳±۱۷/۶	۰/۳۰±۰/۰۱	۱/۵۶±۰/۱	۴/۷۷±۲/۱	۴۳±۵/۹
مرداد	۲۲/۸۳±۰/۶	۱۴۵۷/۳±۴۲	۲۹/۶۷±۵	۰/۳۷±۰/۰۳	۲/۰۹±۰/۳	۲/۶۷±۱	۸۳/۷±۲۷/۱
شهریور	۱۹/۵±۰/۷	۱۶۱۳±۶۷/۹	۲۸/۵۰±۷/۸	۰/۶۱±۰/۳	۲/۲۵±۰/۲	۳/۱۱±۰/۴۵	۱۰۳/۵±۶۲/۵

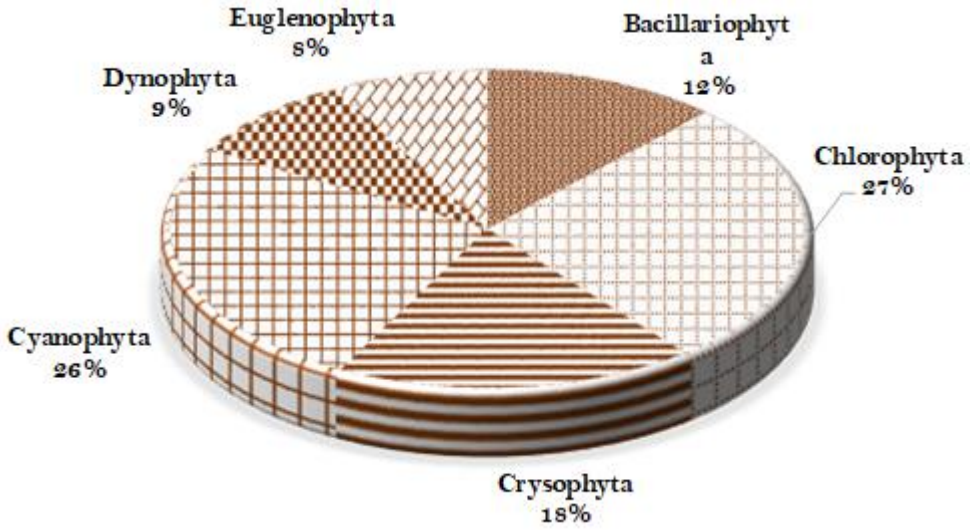
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

همچنین زی‌توده زئوپلانکتون دریاچه بر اساس زی‌توده فیتوپلانکتون محاسبه و ۵/۱ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. زی‌توده بنتوز هم ۱۸۷/۵ کیلوگرم در هکتار و توان تولید ماهی‌های بنتوزخوار ۳۳/۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. مجموع کل زی‌توده این سه گروه ۲۴۳/۸ کیلوگرم برآورد شد که توان تولید کل ۵۹/۹ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد (جدول ۵).



شکل ۲. میانگین سالانه کلروفیل a (میکروگرم در لیتر) دریاچه گلبلاغ استان کردستان



شکل ۳. درصد فراوانی سالانه شاخه‌های فیتوپلانکتون دریاچه سد گلبلاغ کردستان (سلول در میلی‌لیتر)

جدول ۴. تعیین سطح تروفی بر اساس مدل Carelson، مدل ازت کل و مدل Li و Mathias

سطح تروفی کل	TSI کل	TSI فسفر کل	TSI شفافیت	TSI کلروفیل a	
یوتروف تا فوق یوتروف	۶۵/۴۷	۹۴/۷	۷۱/۸۲	۲۹/۹۲	۱- بر اساس مدل TSI (Carelson)
	فوق یوتروف	فوق یوتروف	فوق یوتروف	اولیگوتروف	
فوق یوتروف	گونه غالب فیتوپلانکتونی Chl – Cy	COD (mg/l)	ازت کل (mg/l)	فسفر کل (mg/l)	۲- بر اساس مدل Li و Mathias
	فوق یوتروف	۵۱/۲۵	۲/۳	۰/۶۲	
		فوق یوتروف	فوق یوتروف	فوق یوتروف	
فوق یوتروف	۹۸/۵۷	۴- مدل ازت کل به فسفر کل	فوق یوتروف	۶۶/۱۶	۳- بر اساس مدل ازت کل

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

جدول ۵. زی‌توده و توان تولید ماهیان پلانکتون خوار و بنتوز خوار دریاچه گلبلاغ در هکتار

گروه آبزی/ زی‌توده و تولید	زی‌توده گروه‌های موردبررسی (Kg/ha)	توان تولید ماهی (Kg/ha)
فیتوپلانکتون	۵۰ /۷	۲۱/۱
زئوپلانکتون	۵/۱	۵/۱
بنتوز	۱۸۷/۵	۳۳/۷
مجموع سه گروه	۲۴۳/۸	۵۹/۹

نتایج توان تولید ماهی در سایر مدل‌ها

در مدل مورفوادافیک ایندکس (MEI) که در این تحقیق از میزان هدایت الکتریکی برای محاسبه MEI و در نهایت برآورد تولید ماهی استفاده شد، میانگین توان تولید دریاچه در سال ۸۵/۶۳ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. در مدل Janjua که توان تولید ماهی با استفاده از شاخص MEI و مساحت دریاچه محاسبه می‌شود میانگین توان تولید سالانه ۱۸۶/۴ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. در مدل De Silva و Funge-Smith بر اساس میزان تعداد کل بچه ماهی رهاسازی شده در هکتار در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲ محاسبه شد و میزان توان تولید ماهی در هکتار ۲۷۵/۴۵ کیلوگرم به دست آمد. همچنین در مدل Oglesby میزان توان تولید سالانه ماهی ۱۶۰ /۳۶ کیلوگرم در هکتار برآورد شد که نزدیک‌ترین میزان را نسبت به صید کنونی دریاچه با ۵/۱۲۲ تن در سال (Fisheries Organization of Kurdistan, 2012) داشته است. در مدل Downing و همکاران که بر اساس فسفر کل می‌باشد ۶۲/۸۲ کیلوگرم در هکتار ارزیابی شد (جدول ۶).

میانگین تمام مدل‌های مورد استفاده جهت توان تولید سالانه ماهی دریاچه

با احتساب میانگین کل روش‌ها و مدل‌های به کار رفته، میانگین کل توان تولید ماهی دریاچه ۱۳۸/۴۲ کیلوگرم در هکتار در سال می‌باشد. با توجه به مساحت حداکثر دریاچه که حدود ۱۴۰ هکتار می‌باشد، اگر میانگین دریاچه در طول سال ۵۰ هکتار در نظر گرفته شود سالانه می‌توان تولیدی برابر با ۶۹۲۱ کیلوگرم ماهی برآورد کرد. البته با توجه به نوسان بالای آب در چند سال اخیر و کاهش شدید سطح آب دریاچه در طول دوره مطالعه، میانگین مساحت سالانه حدود ۱۸/۰۷±۳۵/۸۳ هکتار اندازه‌گیری شد که با این مقدار سطح تولید کاهش خواهد یافت و به ۴۹۶۰ کیلوگرم در سال خواهد رسید. میزان کل تولید و صید ماهی در دریاچه گلبلاغ از سال ۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۲ (با در نظر گرفتن میانگین سطح یکسان دریاچه در چند سال گذشته) به ترتیب حدود ۳۷۴/۹، ۲۰۸/۰۸، ۲۲۴/۱۱ و ۱۴۲/۹ کیلوگرم در هکتار بوده است که نشان‌دهنده روند کاهشی تولید می‌باشد و در سال ۱۳۹۲ بسیار نزدیک به توان تولید برآورد شده دریاچه می‌باشد.

جدول ۶. نتایج ارزیابی توان تولید دریاچه گلبلاغ با استفاده از مدل‌های مختلف

مدل	برآورد توان تولید ماهی در هکتار
(Ryder, 1965)	۸۵/۶۳
(Janjua, 2008)	۱۸۶/۴
(De silva and Funge-Smith, 2005)	۲۷۵/۴۵
(Oglesby, 1977)	۱۶۰ /۳۶
(Downing *et al.*, 2001)	۶۲/۸۲
(Li and Mathias, 1994)	۵۹/۹
میانگین کل مدل‌ها	۱۳۸/۴۲

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

بحث

تولید ماهی در بوم‌سازگان‌های آبی تحت تأثیر منابع غذایی است و اساس منابع غذایی را تولیدات اولیه تشکیل می‌دهند و تولیدات اولیه وابسته به رژیم هیدروشیمیایی مخزن آبی سدها می‌باشد (Abdolmaleki *et al*., 2014). دریاچه گلبلاغ استان کردستان با میانگین عمق ۱/۹±۵ متر (در سال‌های قبل از مطالعه حدود ۷ متر بوده است) و میانگین وسعت ۳۵/۸ هکتار به‌عنوان دریاچه کم‌عمق و متوسط به‌حساب می‌آید که انتظار می‌رود توان تولید و سطح تروفی بالایی داشته باشد. میانگین کل شاخص تروفی TSI دریاچه ۶۵/۴۷ محاسبه شد که بر اساس جدول Carlson (جدول ۱) در محدوده دریاچه‌های فوق یوتروف قرار می‌گیرد.

TSI شفافیت ۷۱/۸۲ محاسبه شد و این فاکتور هم دریاچه را در گروه دریاچه‌های فوق یوتروف قرار می‌دهد. شفافیت آب دریاچه گلبلاغ (۲۵/۶±۰/۵۰ سانتی‌متر) با دریاچه یوتروف سد خندقلو (Abdolmaleki *et al*., 2014). با میانگین ۱۴/۷±۳۹/۳ سانتی‌متر نزدیک است؛ اما در مقایسه با دریاچه سد گاوشان کردستان (Mohandesin moshaver asarab, 2008) با دامنه شفافیت ۱۱۰ تا ۳۱۶ سانتی‌متر اختلاف زیادی دارد. شفافیت آب برای ماهیان گرمابی فاکتور مهمی بوده که حد مطلوب آن ۵۰– ۳۰ سانتی‌متر تعیین‌شده است (Esmaiili Sari, 2000). میانگین شفافیت در دریاچه سد گلبلاغ تقریباً در حد مطلوب قرار دارد.

شاخص TSI فسفر کل ۹۴/۷ محاسبه شد و بیشترین میزان را در بین سه شاخص TSI داشت. غلظت فسفر کل دریاچه گلبلاغ با ۰/۶۲±۰/۳۳ میلی‌گرم در لیتر در مقایسه با دریاچه‌های الیگو- مزوترف تهم (Mirzajani *et al*., 2007) و میرزاخانلو زنجان (2007) با غلظت فسفر کل ۰/۰۳ میلی‌گرم در لیتر اختلاف زیادی دارد. اما در مقایسه با غلظت فسفر کل دریاچه‌های شویر (Mirzajani *et al*., 2007) و دریاچه سد ارس (Maleki shomali, 1998) به ترتیب با ۰/۱۷۶ و ۰/۲۶ میلی‌گرم در لیتر و دریاچه سد خندق‌لو زنجان (Abdolmaleki *et al*., 2014) با ۰/۱۳۸ میلی‌گرم در لیتر هرچند بیشتر بوده اما نزدیک‌تر است. بنابراین غلظت فسفر کل دریاچه گلبلاغ بسیار بیشتر از مقادیر آب‌های طبیعی (۰/۰۲–۰/۰۰۵ میلی‌گرم در لیتر) و دریاچه‌های اولیگوتروف است. غلظت بالای فسفر دریاچه گلبلاغ می‌تواند به دلیل استفاده از کودهای ازته و فسفاته در زمین‌های کشاورزی بالادست و حوضه آبریز دریاچه باشد که از طریق روانابهای حاصل از بارندگی به دریاچه منتقل شده است.

فسفر کل و ازت کل در مدل‌های مورداستفاده دیگر جهت تعیین تروفی دریاچه، فوق یوتروف بودن دریاچه را نشان دادند. این نتایج ثابت می‌کند میزان فسفر کل (۰/۶۲ میلی‌گرم در لیتر) و ازت کل (۲/۳ میلی‌گرم در لیتر) دریاچه بیش‌ازحد آب‌های طبیعی می‌باشد. مقدار میانگین نیتروژن کل دریاچه شویر و دریاچه میرزاخانلو (Mirzajani *et al*., 2007) ۱/۰۵ میلی‌گرم در لیتر گزارش‌شده است و به‌عنوان دریاچه‌های یوتروف معرفی‌شده‌اند. در اکوسیستم‌های آبی غلظت‌های مطلوب مواد مغذی در رشد موجودات آبزی از قبیل باکتری‌ها، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، ماهی‌ها و سایر آبزیان و همچنین سلامت اکوسیستم‌های آبی فوق‌العاده مهم و ضروری می‌باشند (Mirzajani *et al*., 2007). مخازن آبی سیستم‌های اکولوژیکی پیچیده و پویایی هستند که با فعالیت‌های بشری در تعامل می‌باشند (Ccopa *et al*., 2007). اگرچه مواد مغذی برای گیاهان و جانوران حیاتی هستند، اما غلظت زیاد آن‌ها می‌تواند کیفیت آب‌وخاک را کاهش دهد. دو ماده مغذی فسفر و نیتروژن می‌توانند موجب یوتریفیکاسیون یا فراغنی شدن در برکه‌ها و دریاچه‌ها شوند (Abdolmaleki *et al*., 2014).

اما شاخص TSI در مورد فاکتور کلروفیل a (۰/۶۷±۱/۰۸ میکروگرم در لیتر) با ۲۹/۹ دارای کمترین میزان بوده و از دو شاخص فسفر کل و ازت کل کمتر بوده و دریاچه را در گروه اولیگوتروف قرار می‌دهد. اختلاف واضح و مقدار کم شاخص کلروفیل a نسبت به شاخص‌های دیگر تروفی دریاچه را می‌توان به تراکم پایین فیتوپلانکتون دریاچه نسبت داد. میانگین تراکم سالانه فیتوپلانکتون در دریاچه سد گلبلاغ ۱۶۶۲ سلول در میلی‌لیتر بود که در مقایسه با تراکم سالانه دریاچه سد تهم زنجان (Mirzajani *et al*., 2007) با میانگین ۲۰۰۰ سلول در میلی‌لیتر و نتایج مطالعات Sabkara و Mokaremi (۲۰۰۴) در

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

مورد دریاچه سد ماکو با تراکم ۱۰۰۰ سلول در میلی‌لیتر که جزو دریاچه‌های با تراکم پایین مـی‌باشـد، مشـابهت دارد. امـا در مقایسه با نتایج مطالعات Gharibkhani و همکاران در مورد تالاب استیل آستارا (۲۰۱۰) با تراکم ۱۲۳۸۷ سلول در میلی‌لیتر و مطالعات دریاچه سد خندق‌لو توسط Abdolmaleki و همکاران (۲۰۱۴) با متوسط تراکم سالیانه ۸۴۰۰۰ سلول در میلـی‌لیتـر که تراکم بالایی دارند، کمتر است.

در مدل Li و Mathias (۱۹۹۴) یکی از فاکتورهایی که به‌عنوان شـاخص بـرای تعیـین تروفـی مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیـرد شاخه‌های غالب فیتوپلانکتون دریاچه می‌باشد که در دریاچه گلبلاغ شاخه‌هـای Chlorophyta و Cyanophyta غالـب بودنـد و به‌عنوان شاخص‌های دریاچه‌های یوتروف به‌حساب می‌آیند. در دریاچه خندق‌لو زنجان نیز شاخه Cyanophyta به‌عنوان شـاخه غالب و معرف یوتروف بودن دریاچه معرفی شد. اما در دریاچه مخزنی توده بین غالبیت شاخه Bacillariophyta به‌عنـوان یکـی از شاخص‌های اولیگوتروفی دریاچه معرفی شد (Mirzajani, 2011). همچنین در مدل Li و Mathias برای تعیین سطح تروفـی میزان COD برحسب میلی‌گرم در لیتر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد که در این تقسیم‌بندی بیشتر از ۱۵ جـزو دریاچـه‌هـای فوق یوتروف قرار می‌گیرد. میانگین COD دریاچه گلبلاغ ۵۱/۲۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که بـا دریاچـه خنـدق‌لـو (۵۳/۹۹ میلی‌گرم در لیتر) تقریباً مشابه است. میزان COD دریاچه گلبلاغ بسیار بیشتر از استاندارد COD برای ماهیان گـرم آبـی (۲۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد (Abdolmaleki *et al*., 2014). در کل می‌توان نتیجه گرفت که سطح تروفی دریاچه گلبلاغ با توجه به‌تمامی مدل‌هایی که مورد استفاده قرار گرفت (به‌جز TSI کلروفیل a) یوتروف تا فوق یوتروف می‌باشد.

توان تولید ماهی دریاچه گلبلاغ در مقایسه با دریاچه‌ی خندقلو (Abdolmaleki *et al*., 2014) که بر اساس مدل‌هـای مختلـف دارای دامنه تولید ۱۶۷ تا ۳۲۴ کیلوگرم در هکتار بوده و با دریاچه سد شـهید کـاظمی کردسـتان (Mohandesin moshaver asarab, 2008) که معادل ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است، کمتر است. اما در مقایسه با دریاچه سد قـارختلو زنجـان (Sadeghinejhad Masuoleh, 2008) که بین ۴۷/۵ کیلوگرم تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شده بیشتر است.

محاسبه توان تولید ماهیان پلانکتون‌خوار دریاچه گلبلاغ (۲۶/۲ کیلوگرم در هکتار) برآورد شد که مشابه نتایج دریاچه چغاخور (Mosavi nadoshan *et al*., 2008) با ۳۴/۴ کیلوگرم در هکتار بود. اما در مقایسه با دریاچه مهابـاد (Abdolmaleki, 2001) بـا ۱۷۷ کیلوگرم در هکتار و دریاچه خندق‌لو (Abdolmaleki *et al*., 2014) با ۷۷/۲ کیلوگرم در هکتار، دریاچه سد تهـم زنجـان (Mirzajani, 2007) ۹۵ کیلوگرم در هکتار و دریاچه الخلج زنجان (Daghigh Rohi, 2010) ۹۹/۷۴ کیلـوگرم در هکتـار کمتـر است که این نتیجه با شاخص تروفی TSI کلروفیل a دریاچه گلبلاغ همخوانی دارد. محصول ماهی در آب‌های طبیعی بسته بـه باروری منبع آبی متغیر بوده و معمولاً بین ۲۵ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار است که در ایران بر اساس گزارش Avich (۱۹۹۴) تـا ۲۰۰ کیلوگرم نیز افزایش داشته است.

اما محاسبه میزان توان تولید ماهیان ماکروبنتوزخوار بر اساس زی‌توده ماکروبنتوز دریاچه (که در طی مطالعه فقط متشـکل از شیرونومیده[12] و توبیفکس[13] بود) بر اساس مدل Li و Mathias (۱۹۹۴) با ۵۹/۹ کیلوگرم در هکتار در مقایسـه بـا دریاچـه‌هـای سد ماکو که ۲۰ تا ۳۰ کیلوگرم در هکتار و دریاچه خندق‌لو با ۰/۶ تا ۱/۱ کیلوگرم در هکتار (Abdolmaleki, 2014) و دریاچه سد الخلج زنجـان (Daghigh Rohi, 2010) بـا ۰/۶ تـا ۲ کیلـوگرم در هکتـار بسـیار بیشـتر اسـت و نشـان‌دهنـده فـون غنـی ماکروبنتوزهای دریاچه گلبلاغ می‌باشد.

میزان کلروفیل a و تراکم فیتوپلانکتونی دریاچه گلبلاغ نسبت به دریاچه‌های یوتروف پایین‌تر می‌باشد و علیـرغم اینکـه سـطح تروفی دریاچه بر اساس غلظت مواد مغذی در سطح یوتروف تا هایپرتروف می‌باشد، توان تولید ماهی نیز پایین‌تر از دریاچه‌های یوتروف می‌باشد. یکی از مهم‌ترین عامل‌هایی که در پایین بودن تراکم فیتوپلانکتون و به دنبال آن کلروفیل a و درنهایـت تـوان تولید ماهی تأثیرگذار است خالی شدن مقدار زیادی از آب سد در هرسال برای آبیاری زمین‌هـای کشـاورزی بـوده کـه مقـدار

[12] Chironomidae
[13] Tubifex

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

زیادی مواد مغذی و جمعیت‌های مختلفی از فیتوپلانکتون را از دسترس خارج می‌کند و در نهایت باعث کاهش تراکم فیتوپلانکتون می‌شود. عامل مهم بعدی می‌تواند فشار تغذیه ماهی فیتوفاگ باشد که از سال ۱۳۸۷ هرساله توسط شیلات استان رهاسازی و بعد از رشد کافی توسط تعاونی صیادی صید می‌شوند. همچنین می‌توان به میانگین نسبتاً پایین سالانه دمای آب (حدود ۱۰/۹°C) و دوره سه‌ماهه یخبندان اشاره کرد.

با مقایسه توان تولید ماهی برآورد شده دریاچه (۱۳۸/۴۲ کیلوگرم در هکتار) با میزان صید در هکتار دریاچه (۱۴۲/۹) می‌توان به این نتیجه رسید که مدل‌های توان تولید به کار رفته در مجموع برآورد خوبی از میزان توان تولید واقعی دریاچه داشته‌اند. پیشنهاد می‌شود در این دریاچه مدیریت شیلات و آبزیان استان کردستان با توجه به توان تولید بیشتر ماهیان ماکروبنتوزخوار در دریاچه، میزان رهاسازی ماهی کپور معمولی که بیشینه تغذیه آن از ماکروبنتوزها می‌باشد، به نسبت بیشتری رهاسازی شود. همچنین با توجه به تراکم پایین فیتوپلانکتون و توان تولید نسبتاً پایین ماهیان پلانکتون‌خوار دریاچه، میزان رهاسازی ماهی بیگ هد (*Hypophthalmichthys nobilis*) و فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) کمتر شود و بر اساس توان تولید برآورد شده عملیات رهاسازی انجام شود.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، امور شیلات و آبزیان استان کردستان، دانشگاه کردستان، موسسه تحقیقات بین‌المللی تاس ماهیان دریای خزر، پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی ایران، سازمان حفاظت محیط زیست استان کردستان، تعاونی صیادی دریاچه گلبلاغ و سایر بزرگوارانی که در مراحل مختلف تحقیق ما را یاری کردند صمیمانه سپاسگزاری می‌کنیم.

منابع

Abdolmaleki, Sh., Mirzajani, A., Khodaparast, S.H., Saberi, H., Babaii, H., Sabkara, F.J., Makaremi, M., Khatibhaghighi, S., Ghaninejhad, D., Yosefzad, A., Naorozi, H., Nahrevar, M.R., Khedmati, K., Nikpor, M., Rastin, R., Mohsenpor, H. 2014. Limnological study of Khandaghlo Reservoir of Zanjan Province. Iranian Fisheries Research Organization. 207 p. (in Persian)

Abdolmaleki, Sh., Sabkara, J., Shomali, M., Abbasi, K., Ghane, A., Mirhasheminasab, F. 2001. Limnological study of Mahabad Reservoir. Iranian Fisheries Organization. 157 p. (in Persian)

Ahmadi, M.R., Nafisi, M. 2001. Identification of lotic water's indicator invertebrates. First edition. Publication of Khaibar. 240p. (in Persian)

APHA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association). 21st edition. National government publication USA. 1193 P.

Avich, V. 1994. Warm water carp-fish culture. FAO workshop in Shahid Ansari. First edition. Jahad-e-Sazandegi of Guilan. Rasht. 103 p.

Bachmann, R.W., Bradley, L.J., Donald, D.F., Mark, H., Lawrence, A.B., Daniel, E., Canfield, J. 1995. Relations between trophic state indicators and fish in Florida (U.S.A.) lakes. Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences. 53: 842-855.

Baigún, C., Oldani, N., Madirolas, A., Colombo, G.A. 2007. Assessment of fish yield in Patagonian Lakes (Argentina): development and application of empirical models. Transactions of the American Fisheries Society. 136: 846-857.

Boney, A.D. 1989. Phytoplankton. First edition. Edwards Anuoid British library cataloguing publication data. 396 p.

Brown, C.D., Mark, V., Roger, H., Bachmann, W., Daniel, E., Canfield, J. 2000. Nutrient–chlorophyll relationships: an evaluation of empirical nutrient–chlorophyll models using Florida and north-temperate lake data. Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences. 57: 1574-1583.

Carlson, R.E. 1977. A trophic state index for lakes. Limnology and Oceanography. 22(2): 361-369.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

Carlson, R.E. 1980. More complications in the chlorophyll-Secchi disk relationship. Limnology and Oceanography. 25: 378-382.

Carlson, R.E. 1992. Expanding the trophic state concept to identify non-nutrient limited lakes and reservoirs. [In] Proceedings of a National Conference on Enhancing the States' Lake Management Programs. Monitoring and Lake Impact Assessment. Chicago. 210: 59-71.

Ccopa, R.E., Queiroz, J.F., Ferraz, J.M., Ortega, E. 2007. Systems models to evaluate eutrophication in the Broa Reservoir, Sao Carlos, Brazil. Ecological Modelling. 202: 518-526.

Cigagna, C., Bonotto, D.M., Monteiro, A.F.C., Sturaro, J.R. 2016. Trophic state index (TSI) and physico-chemical characteristics of a shallow reservoir in southeast Brazil. Environmental Earth Sciences. 75: 102-113.

Daghigh Rohi, J. 2010. Investigating the possibility of increasing production in the Alkhelj reservoir in East Azerbaijan. Aquatic Research Institute of Inland Waters, Bandar Anzali. 105 p. (in Persian).

Deines, A.M., Bunnell, D.B., Rogers, M.W., Beard, J.T.D., Taylor, W.W. 2015. A review of the global relationship among freshwater fish, autotrophic activity and regional climate. 25(2): 323-336.

DeSilva, S.S., Funge-Smith, S. 2005. A review of stock enhancement practices in the inland water fisheries of Asia. Asia-Pacific Fishery Commission, Bangkok, Thailand. 2005. 93 p.

Domine, L.M., Michael, J., Vanni, W., Renwick, H. 2010. New and regenerated primary production in a productive reservoir ecosystem. Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences. 67: 278-287.

Downing, J.A. 2014. Limnology and oceanography: two estranged twins reuniting by global change. Inland Waters. 4: 215-232.

Downing, J.A., Watson, S.B., McCauley, E. 2001. Predicting cyanobacteria dominance in lakes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 58: 1905-1908.

Edmondson, W.T. 1959. Fresh Water Biology. New Yourk, London. John Wiley and Sons Inc. 1248 p.

Esmaiili sari, A. 2000. Principles of water qualitative managements in Aquaculture. First edition. Publication of Fisheries Research Institute of Iran. 260 p. (in Persian)

Gharibkhani, M., Mostafa, T.M., Ramazanpour, Z., Chobian, F. 2010. Study of phytoplankton diversity and density in Estill lagoon of Astara. Journal of Fisheries. 3(4): 1-15. (in Persian).

Janjua, M.Y., Ahmad, T., Gerdeaux, D. 2008. Comparison of different predictive models for estimating fish yields in Shahpur Dam, Pakistan. Lakes & Reservoirs: Research and Management. 13: 319-324.

Jarosiewicz, A., Ficek, D., Zapadka. T. 2011. Eutrophication parameters and Carlson-type trophic state indices in selected Pomeranian lakes. Limnoloical Review. 11(1): 15-23.

Khatami, H. 2004. Aquatic benthic invertebrate of freshwater. First edition. Environmental conservation organization of Tehran. 200 p. (in Persian)

Khodaparast, H. 2003. Comprehensive study of Anzali Lagoon. Fisheries Organization of Guilan Province. Fisheries research of Guilan. 204p. (in Persian)

Kratzer, C. R., Brezonik, P. L. 1981. A Carlson type trophic state index for nitrogen in Florida lakes. Water Resources Bulletin. 17: 713-715.

Lara, G., Encina, L., RodriGuez–Ruiz, A. 2009. Trophometric index: a predictor for fish density, biomass and production in Mediterrane an reservoirs in Spain. Fisheries Management and Ecology. 16: 341-351.

Li, S., Mathias, J. 1994. Freshwater fishes culture in china: principles and practice. Elsevier science. 445 p.

Maleki shomali, M.M. 1998. Final report on the physicochemical conditions of water in the lake of Mahabad reservoir. Dept. of Aquaculture in Iran, Tehran. 140p. (in Persian)

Maosen, H. 1983. Freshwater plankton illustration. Agriculture publishing house. 85 p.

Mirzajani, A., Abbasi, K., Sabkara, J., Abdini, A., Saiadorani, M. 2007. Limnological study of oligo-mesotrophic Lake of Tahm in Zanjan Province. Journal of Iran Biology. 25(1): 74-90. (in Persian)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]

Mirzajani, A.S. 2008. Final report of nutrient resources in Shoyre and Mirzakanlou Reservoir in Zanjan Province. Zanjan Agricultural Organization, Zanjan Province, Fisheries Management. 80 p. (in Persian)

Mirzajani, A.S. 2011. Final report of Limnology study of Todehbin reservoir in Zanjan province. Agricultural Organization, Zanjan Province, Fisheries Management. 105 p. (in Persian)

Mishra, A.K., Garg, N. 2011. Analysis of Trophic State Index of Nainital Lake from Landsat−7 ETM Data. Journal of Indian Society Remote Sensing. 39: 463-471.

Mousavi Nadoushan, R., Fatemi, F.M., Esmaeili Sari, A., Vosoughi, Gh.H. 2008. Determination of trophy status and fish production potential in Choghakhor Lake. Journal of Fisheries. 2(2): 5-1. (In Persian)

Mohandesin moshaver asarab. 2008. Comprehensive Limnological studies of Shahid Kazemi Reservoir. Fisheries Organization of Iran. 62 p.

Oglesby, R.T. 1977. Relationships of fish yield to Lake Phytoplankton standing crop, production, and morphoedaphic factors. Journal of Fisheries Research Board Canada. 34: 2271-2279.

Paighambari, S.Y. 1995. Survey of relations between water physicochemical and microbenthic density in Anzali logon. M.Sc. Thesis of Tehran University. 120 p. (in Persian)

Prescott, G.W. 1970. The Fresh Water Algae. WMC. Brown Company Publishing, Iowa, USA. 348 p.

Rahmani, T., Abbasi, M. 2015. Investigation of the relationship between nutrients and phytoplankton biomass with estimation of chlorophyll estimation models (Case study, Zarivar Lake, Kurdistan). Aquarius Ecology Journal. 4(4): 24-18. (in Persian)

Reported Fisheries organization of Kurdistan province. 2013. 45 p. (in Persian)

Ryder, R.A. 1965. A method for estimating the potential fish production of north-temperate lakes. Transactions of the American Fisheries Society. 94: 214-218.

Sabkara, J., Makaremi, M. 2004. Plankton distribution and density of Maku reservoir. Journal of Iranian Fisheries Sciences. 12(2): 29-46. (in Persian)

Sadeghinejhad Masuleh, A. 2008. Study of fish production potential of Gharekhtlo reservoir of Zanjan. Aquaculture Institute of Inland waters, Bandare Anzali. 164 p. (in Persian)

Safaii, S. 1999. Comprehensive study of comprehensive studying pages. Supporting Tutorials and Survival Abstracts, Iran, Tehran. 140 p. (in Persian)

Sourina, A. 1978. Phytoplankton Manual. First edition. United Nations Educational Scientific & Culture Organization. 337 p.

Walker, T.W., Syers, J.K. 1976. The fate of phosphorus during pedogenesis. Geoderma. 15(1): 1-19.

Yaoyang, X., Andrew, W.S., Donna, M.R. 2015. Developing a 21st Century framework for lake-specific eutrophication assessment using quantile regression. Limnology and Oceanography Methods. 13: 237-249.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.12.7]