الگوی رشد و روابط طول- وزن تیلاپیای شکم‌سرخ (*Coptodon zillii*) در تالاب شادگان با استفاده از مدل‌های رگرسیونی OLS و RMA

رضا حکیمی مفرد [۱]
روشنا بهباش [۲*]

۱. دانش‌آموخته شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲. گروه محیط‌زیست. واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

* **نویسنده مسئول مکاتبات**
behbash@iau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۸

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

تالاب شادگان به عنوان بزرگ‌ترین تالاب ایران و یکی از اکوسیستم‌های آبی مهم خاورمیانه، طی سال‌های اخیر تحت تأثیر ورود گونه مهاجم تیلاپیای شکم‌سرخ (*Coptodon zillii*) قرار گرفته است. شناخت زیست‌شناسی این گونه، به‌ویژه الگوی رشد آن، نقش بسزایی در مدیریت و ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی آن دارد. هدف این پژوهش، بررسی رابطه طول و وزن و الگوی رشد تیلاپیای شکم‌سرخ در تالاب شادگان و مقایسه دو روش رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS) و محور اصلی کاهش‌یافته (RMA) بود. در بهار ۱۳۹۵، ۳۰ نمونه از این گونه جمع‌آوری و داده‌های وزن، طول کل (TL) و طول استاندارد (SL) آنها ثبت شد. ضرایب رابطه طول و وزن با استفاده از مدل لگاریتمی و دو روش رگرسیونی برآورد گردید. نتایج نشان داد که همبستگی قوی بین طول و وزن ماهی‌ها وجود دارد. برازش مدل بر پایه طول کل نسبت به طول استاندارد مطلوب‌تر بود. در تمام حالت‌ها، مقدار ضریب رشد (b) کمتر از ۳ برآورد شد که نشان‌دهنده رشد آلومتریک منفی (افزایش وزن کمتر نسبت به طول) این گونه در تالاب است. روش RMA، مقدار b را بالاتر از OLS تخمین زد و با توجه به لحاظ خطا در هر دو متغیر، برای بررسی‌های زیستی احتمالا مناسب‌تر است. شاخص وضعیت ماهیان (K) معادل ۲/۱۳ برآورد و روند کاهشی معناداری با افزایش طول کل نشان داد. به‌طورکلی، یافته‌ها گویای شرایط زیستی مطلوب جمعیت تیلاپیای شکم‌سرخ در تالاب شادگان و لزوم پایش مستمر این شاخص‌ها به‌منظور مدیریت مؤثر منابع آبزی این اکوسیستم هستند.

واژگان کلیدی: تیلاپیای شکم‌سرخ، تالاب شادگان، رابطه طول- وزن، الگوی رشد، رگرسیون

مقدمه

تالاب‌ها جزء زیست‌بوم‌های کلیدی و پویای جهان به شمار می‌آیند که به دلیل تنوع بالای زیستی و نقش اکولوژیک برجسته در حفظ چرخه‌های محیط‌زیستی، همواره مورد توجه دانشمندان و برنامه‌ریزان محیط‌زیستی قرار گرفته‌اند. تالاب بین‌المللی شادگان در جنوب غرب ایران، یکی از بزرگ‌ترین و غنی‌ترین تالاب‌های کشور است که به‌واسطه سه پهنه آبی متفاوت شیرین، لب‌شور و شور زیستگاهی منحصربه‌فرد برای گیاهان و آبزیان بومی و مهاجر فراهم آورده است (هاشمی و اسکندری، ۱۳۹۲). این منطقه نه تنها از منظر حفظ تنوع‌زیستی، بلکه از جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی نیز برای ساکنان محلی که معیشت آن‌ها به ماهیگیری وابسته است، اهمیت بالایی دارد. با این وجود، اکوسیستم آبی شادگان طی دهه‌های اخیر تحت تاثیر عوامل انسانی مانند بهره‌برداری بیش از حد، آلودگی و ورود گونه‌های مهاجم، دستخوش تغییرات قابل‌توجهی شده است (ولی‌خانی و همکاران، ۱۳۹۶). یکی از مهم‌ترین گونه‌های بیگانه مهاجم در این منطقه، تیلاپیای شکم‌سرخ (*Coptodon zillii*) است که به دلیل نرخ زادآوری بالا، قدرت سازگاری و رقابت قوی، تهدیدی جدی برای تنوع‌زیستی بومی ایجاد کرده و به‌عنوان عامل تغییر در ساختار و ترکیب جامعه ماهیان شناخته می‌شود (Canonico *et al.*, 2005). طبق برخی گزارش‌ها، افزایش جمعیت این گونه منجر به کاهش صید ماهیان بومی باارزش مانند بنی و شیربت و نارضایتی جوامع محلی از وضعیت معیشتی خود شده است (هاشمی و اسکندری، ۱۳۹۲).

مطالعه رابطه طول و وزن گونه *C. zillii* در تالاب‌ها، مخازن و رودخانه‌های مختلف، به‌عنوان شاخصی مهم برای ارزیابی الگوی رشد (ایزومتریک/آلومتریک) و وضعیت تغذیه‌ای و زیستگاهی آن صورت گرفته است. همچنین این رابطه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای بوم‌شناسی شیلات، اطلاعات لازم برای ارزیابی رشد، سلامت عمومی و شرایط تغذیه‌ای ماهیان و همچنین وضعیت زیستگاه آنها را فراهم می‌آورد (حکیمی‌مفرد و همکاران، ۱۳۹۲). الگوی رشد این گونه از آلومتری منفی در اکوسیستم‌های آب شیرین تا آلومتری مثبت در آب‌های

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

شور در نوسان است ولی شاخص وضعیت بالاتری نسبت به سایر گونه‌ها دارد که نشان‌دهنده تطابق بیشتر با اکوسیستم و سلامت بهتر است (Nehemia *et al*., 2012; Urom *et al*., 2025). پیشتر وضعیت ماهیان غیربومی مهاجم تیلاپیا در اکوسیستم‌های آبی استان خوزستان را بررسی شده است (ولی‌خانی و همکاران، ۱۳۹۶) و در مطالعه دیگری رابطه‌ی طول و وزن ماهی تیلاپیا زیلی را در تالاب شادگان، مورد مطالعه قرار گرفت (بوالی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Tabasian *et al*., 2021). مطالعات گذشته نشان داده است که برآورد صحیح پارامترهای رابطه طول- وزن می‌تواند برای تعیین الگوی رشد، برآورد ذخایر، مدل‌سازی جمعیت و مدیریت بهره‌برداری پایدار ماهیان به ویژه در حضور گونه‌های مهاجم کاربردهای حیاتی داشته باشد (Froese, 2006).

با توجه به حضور گسترده تیلاپیای شکم‌سرخ در تالاب شادگان و پیامدهای محیط‌زیستی و اقتصادی آن، بررسی دقیق الگوی رشد و رابطه طول و وزن این گونه و مقایسه با مطالعات گذشته، می‌تواند نه‌تنها به درک بهتر وضعیت فعلی تالاب، بلکه به برنامه‌ریزی راهبردی حفاظت و مدیریت پایدار منابع آبزی این اکوسیستم ارزشمند کمک شایانی نماید.

مواد و روش‌ها

تالاب بین‌المللی شادگان در پایین‌ترین بخش حوضه رودخانه جراحی و در بخش جنوبی استان خوزستان قرار داشته از شمال به اهواز، از غرب به جاده اهواز به آبادان، از جنوب به رودخانه بهمنشیر و خلیج فارس و از شرق به خور موسی محدود می‌شود. این تالاب با وسعتی بیش از ۵۳۷۷۰۰ هکتار وسیع‌ترین تالاب ایران و عضو کنوانسیون رامسر است (بوالی و همکاران، ۱۳۹۵ و هاشمی و اسکندری، ۱۳۹۲).

بر اساس تجربه نویسندگان و همچنین اطلاعات فرعی پژوهش‌های (Kiyan Ersi *et al*., 2022) و (Tabasian *et al*., 2021) در سال‌های ۹۴، ۹۷ و ۹۸؛ بهترین زمان از نظر فراوانی و بیشترین تناژ صید این گونه اردیبهشت است. همچنین تفاوت شاخصی بین درصد صید تیلاپیا بین ۵ ایستگاه تخلیه صید تالاب شادگان وجود ندارد. لذا در این مطالعه، داده‌های بیومتریک مربوط به وزن (گرم)، طول کل (TL، سانتی‌متر) و طول استاندارد (SL، سانتی‌متر) از ۳۰ نمونه تیلاپیای شکم‌سرخ (*Coptodon zillii*) در فصل بهار ۱۳۹۵ از دو ایستگاه میانی تالاب شادگان جمع‌آوری شد.

برای محاسبه رابطه طول و وزن (Length-Weigh Relationship) از معادله ($W = aL^b$) استفاده شد (King, 1995). در این معادله W، وزن ماهی به گرم، L طول ماهی به سانتی‌متر، a ضریب ثابت یا فاکتور افزاینده و b توان طول یا عامل رشد است و جهت برآورد مقادیر a و b از رگرسیون خطی مقادیر لگاریتمی دو متغیر طول و وزن استفاده شد (Froese, 2006). دو روش رگرسیونی حداقل مربعات معمولی (OLS) و محور اصلی کاهش‌یافته (RMA) به‌طور جداگانه برای هر دو طول (TL و SL) برازش شدند (Smith, 2009) و ضرایب مدل و خطاهای استاندارد پارامترها محاسبه شدند. همچنین، شاخص وضعیت سلامت ماهی‌ها (Condition Factor, K) با استفاده از فرمول ($K=100\times W/TL^3$) برای هر نمونه محاسبه شد تا وضعیت تغذیه و شرایط بدنی جمعیت مورد ارزیابی قرار گیرد (Anderson and Neumann, 1996). برای ارزیابی فرضیات مدل از آزمون شاپیرو–ویلک برای بررسی نرمال بودن باقیمانده‌ها و همبستگی پیرسون برای سنجش قدرت رابطه خطی در حالت لگاریتمی استفاده گردید. تحلیل‌های آماری شامل میانگین، انحراف معیار (SD)، میانه، چارک‌ها، دامنه بین چارکی (IQR) و ضریب تغییرات (CV%)، شناسایی داده‌های پرت و ارزیابی تقارن توزیع متغیرها، نمودار پراکندگی با خطوط رگرسیونی OLS و RMA به همراه معادلات مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Python (نسخه ۳) و کتابخانه‌های NumPy، SciPy و Matplotlib انجام پذیرفت (حکیمی‌مفرد و حکیمی‌مفرد، ۱۳۹۳).

نتایج

خلاصه آماری داده‌های زیست‌سنجی، نتایج آزمون نرمال بودن داده‌ها و ماتریس همبستگی پیرسون به ترتیب در جدول ۱ و ۲ و نتایج ضرایب رابطه طول و وزن (a و b) و مقدار p آزمون تی‌تست با رشد ایزومتریک ($b=3$) در جدول ۳ آمده است. در جدول ۴ و شکل ۱، برآورد پارامترهای رابطه طول- وزن به دو روش (OLS) و (RMA) به تفکیک طول کل و طول استاندارد، مقایسه شده است. شاخص وضعیت

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

(K= 2.134) تخمین زده شد و نتایج مدل رگرسیونی رابطه این شاخص با طول کل به صورت (K=2.842−0.0506×TL, p=0.0166) برآورد شد.

جدول ۱: خلاصه آماری داده‌ها شامل میانگین، انحراف معیار، کمینه و بیشینه، دامنه اندازه‌گیری‌ها، میانه، میانگین هندسی و دامنه بین چارکی وزن (W) طول کل (TL)، طول استاندارد (SL)

Statistic	W (g)	TL (cm)	SL (cm)
Mean	53.77	13.47	10.87
Median	54.78	13.60	11.10
SD	19.39	1.69	1.38
SE	3.54	0.31	0.25
Min	32.36	11.30	9.10
Q1 (25%)	36.79	11.98	9.60
Q3 (75%)	59.47	14.18	11.48
Max	108.65	17.60	14.20
IQR	22.68	2.20	1.88
CV (%)	36.1	12.6	12.7
Shapiro–Wilk	0.938	0.962	0.945
p-value	0.089	0.292	0.131

توضیح اختصارات:
W: وزن (Weight)؛ TL: طول کل (Total Length)؛ SL: طول استاندارد (Standard Length)؛ SE: خطای استاندارد میانگین (Standard Error)
CV: ضریب تغییرات به‌صورت درصد (Coefficient of Variation) = (SD / Mean) × 100
IQR: دامنه بین چارکی (Interquartile Range) = Q3 – Q1؛ همه اعداد به دو رقم اعشار (به جز CV که به یک رقم) گرد شده‌اند.
آزمون نرمال بودن Shapiro–Wilk

جدول ۲: ماتریس همبستگی پیرسون بر اساس لگاریتم پایه ۱۰

	$\log_{10}$(W)	$\log_{10}$(TL)	$\log_{10}$(SL)
$\log_{10}$(W)	1.000	0.942	0.934
$\log_{10}$(TL)	0.942	1.000	0.993
$\log_{10}$(SL)	0.934	0.993	1.000

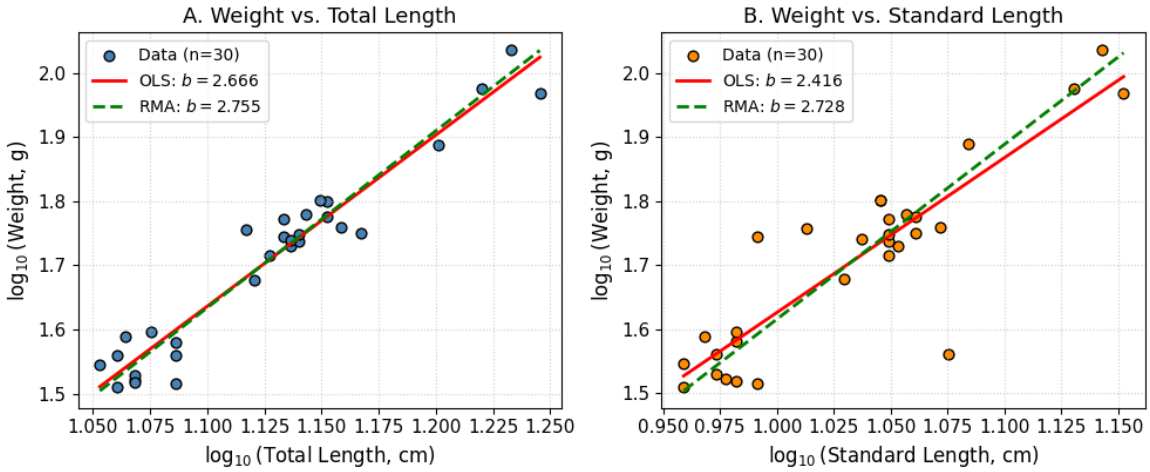
جدول ۳ : ضرایب رابطه طول و وزن (a و b) و مقدار pآزمون تی‌تست با رشد ایزومتریک به تفکیک طول کل (TL) و استاندارد (SL)

طول	ضرایب	تخمین	خطای استاندارد	فاصله اطمینان ۹۵٪	R^2	p-value
TL	a	0.05086	0.34042	0.0253 - 0.1022	0.937	0.017
	b	2.666	0.13107	2.3977 - 2.9351		
SL	a	0.01661	0.57030	0.0516 – 0.05347	0.784	0.021
	b	2.416	0.23941	1.9255 –2.90714		

جدول ۴ : برآورد پارامترهای رابطه طول–وزن به دو روش (OLS) و (RMA) برای گونه تیلاپیای شکم‌سرخ در تالاب شادگان

متغیر طول	روش رگرسیون	A	b	r^2	*p-value (b)*
TL	OLS	0.0505	2.666	0.968	< 0.0001
	RMA	0.0401	2.755	0.968	
SL	OLS	0.1620	2.416	0.886	< 0.0001
	RMA	0.0771	2.728	0.886	

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]



شکل ۱: رابطه طول-وزن به دو روش (OLS) و (RMA) به تفکیک طول کل و استاندارد

بحث و نتیجه‌گیری

دامنه طولی این مطالعه در مقایسه با مطالعه مشابه (۱۱ تا ۱۶ سانتی‌متر) اختلاف چندانی ندارد (بوالی و همکاران، ۱۳۹۵). حدکثر طول مشاهده شده برای این گونه در مصر ۲۵ سانتیمتر و در مناطق اشغالی فلسطین ۲۷ سانتی‌متر بر اساس طول استاندارد گزارش شده است (Lévêque, 1997) که نسبت به بیشینه طولی مشاهده شده برای این گونه در تالاب شادگان اختلاف زیادی دارد.

بر اساس نتایج جدول ۱، پراکندگی وزنی نمونه‌ها در مقایسه با طول بسیار بالاست که نشان‌دهنده تنوع زیاد در وضعیت بدنی این گونه است. میانه وزن نمونه‌ها بسیار نزدیک به میانگین بوده لذا توزیع وزنی نسبتاً متقارن است. حداکثر طول کل، حدود ۵۶٪ از حداقل آن است که نشان‌دهنده طیف وسیع توزیع طولی نمونه‌هاست. نسبت میانگین SL به TL حدود ۸۱٪ است. بر اساس آزمون نرمال بودن Shapiro–Wilk توزیع داده‌های وزنی و طولی نرمال بود. بر اساس داده‌های جدول ۲ همبستگی بین طول کل و استاندارد بسیار قوی و همبستگی بین وزن با طول کل بیشتر از طول استاندارد است.

بر اساس نتایج جدول ۴ و شکل ۱؛ الگوی رشد در تمام حالت‌ها (چه با TL و چه با SL، و چه با OLS و چه با RMA)، برای تیلاپیای شکم‌سرخ در تالاب شادگان رشد آلومتریک منفی از خود نشان می‌دهد ($b < 3$). این بدان معناست که با افزایش طول ماهی، وزن آن با نرخ کمتری نسبت به افزایش طول رشد می‌کند و ماهی به سمت لاغرتر شدن نسبی متمایل می‌شود. این ممکن است به عوامل زیستی مانند تغییر شکل بدن در مراحل مختلف رشد، یا شرایط محیطی و دسترسی به غذا مربوط باشد. استفاده از طول کل منجر به برازش مدل بهتری ($r^2 = 0.968$) نسبت به طول استاندارد ($r^2 = 0.886$) شده است. این نشان می‌دهد که طول کل، پیش‌بینی کننده قوی‌تری برای وزن تیلاپیا در این جمعیت است. مقایسه دو روش مقایسه OLS و RMA نشان می‌دهد که روش RMA مقادیر b بالاتری را نسبت به OLS برای هر دو نوع طول ارائه می‌دهد. ازآنجایی‌که در مطالعات بیولوژیکی، هر دو متغیر (طول و وزن) دارای خطای اندازه‌گیری هستند و در روش RMA خطای هر دو متغیر در نظر گرفته می‌شود (Smith, 2009) لذا به نظر می‌رسد روش RMA از نظر بیولوژیکی برای برآورد رابطه طول-وزن مناسب‌تر و دقیق‌تر باشد. همچنین تفاوت مقادیر b بین OLS و RMA می‌تواند از نظر آماری نشان‌دهنده خطای بیشتر در اندازه‌گیری طول استاندارد یا از نظر بیولوژیکی وابستگی کمتر آن به وزن باشد. تفاوت‌های مشاهده شده در برآورد ضریب b بین دو روش OLS و RMA به‌ویژه در طول کل، اهمیت انتخاب روش رگرسیون مناسب را برجسته می‌کند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد مدل مبتنی بر طول کل از نظر آماری و بیولوژیکی بهتر از مدل مبتنی بر طول استاندارد است. این نتیجه مشابه توصیه‌های (Froese, 2006) مبنی بر استفاده از طول کل است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

با توجه به اینکه روش رگرسیون RMA خطاهای موجود در هر دو متغیر را در نظر می‌گیرد و همچنین با توجه به برازش بهتر مدل با طول کل، نتایج حاصل از RMA با استفاده از طول کل ($a=0.0401, b=2.755, r^2=0.968$) ممکن است برآورد بهتری از رابطه طول-وزن برای تیلاپیای شکم‌سرخ در تالاب شادگان باشد. این نتایج نشان‌دهنده یک رشد آلومتریک منفی ملایم است. مقایسه رابطه طول و وزن کل تیلاپیای شکم‌سرخ در اکوسیستم‌های دیگر با تالاب شادگان در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵: ضرایب رابطه طول و وزن (a,b) تیلاپیای شکم‌سرخ در مطالعه‌های پیشین

نوع طولی	تعداد	R^2	a	b	منطقه	منبع
TL	108	0.790	0.00794	2.20	نیجریه	Offem *et al*., 2009
TL	90	0.940	0.0441	2.743	بورکینافاسو	Béarez, P., 2003
SL	17	0.984	0.0751	2.810	بورکینافاسو	Coulibaly, N.D., 2003
SL	208	0.947	0.017	2.837	ساحل عاج	Konan *et al*., 2007
TL	11	-	0.01150	3.210	نیجریه	King, R.P., 1996
TL	268	0.986	0.02180	2.972	بنین	Lalèyè, P.A., 2006
SL	36	0.984	0.02790	3.176	غنا	Entsua-Mensah *et al*., 1995
TL	401	0.96	0.03	2.87	تالاب شادگان	بوالی و همکاران ۱۳۹۵

در این اکوسیستم‌ها، مقادیر ضریب b برای *C. zillii* متغیر بوده که این امر نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری فنوتیپی و حساسیت بالای گونه به شرایط محیطی است. تنوع در الگوی رشد به‌وضوح در مطالعات مختلف مشاهده می‌شود. در تالاب بین‌المللی شادگان (ایران)، رشد تقریباً ایزومتریک (۲/۹۵–۲/۹) برای هر دو جنس نر و ماده گزارش شده است (Tabasian *et al*., 2021). در مقابل، رودخانه‌های گرمات علی (عراق) با ۳/۲۳۷ (Mohamed and Al-Wan, 2020) و دجله در بغداد با ۳/۱۲۴ (Khalifa *et al*., 2020) هر دو رشد آلومتریک مثبت را نشان داده‌اند که بیانگر افزایش وزن سریع‌تر نسبت به طول است. بااین‌حال در برخی مخازن نیجریه نظیر (Aiba)، (Asejire) و (Igbokoda)، رشد آلومتریک منفی مشاهده شده (Oladimeji *et al*., 2025) و حتی در یک مخزن رها شده معدن طلا، مقدار b به ۲/۰۱۸ کاهش یافته است (Obayemi *et al*., 2019). این گوناگونی در الگوی رشد، تأکیدی بر این نکته است که کیفیت زیستگاه، وضعیت تغذیه، تراکم جمعیت و فشار بهره‌برداری می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی بر جهت آلومتری (مثبت یا منفی) در جمعیت‌های این گونه تأثیر بگذارند.

در خصوص ضریب وضعیت (K)، غالب مطالعات در اکوسیستم‌های تالابی و دریاچه‌ای، مقادیر (K>1) را برای این گونه گزارش کرده‌اند که نشان‌دهنده وضعیت بدنی مطلوب و سازگاری مناسب با اکوسیستم است. به‌عنوان مثال، مقادیر K بین ۱/۷۷ تا ۱/۹۲ در دریاچه‌های (Naivasha) کنیا و (Komadugu) نیجریه به‌عنوان شاخصی از وضعیت بدنی خوب تفسیر شده‌اند (Kevin *et al*., 2020; Marine *et al*., 2020; Felix *et al*., 2021). در سایر مخازن و رودخانه‌ها نیز ضریب وضعیت معمولاً در بازه ۱/۶ تا ۲/۲ قرار گرفته است که حاکی از عملکرد مطلوب این گونه در اکوسیستم‌های تالابی یوتروف و غنی از مواد غذایی است (Oladimeji *et al*., 2025; Odeyemi *et al*., 2025; Obayemi *et al*., 2019; Adaobi *et al*., 2021). حتی در رود گرمات علی، مقدار K نزدیک به یک نیز همچنان رضایت بخش تلقی شده است (Mohamed and Al-Wan, 2020).

مقدار نسبتاً بالای شاخص وضعیت (K) جمعیت، نشان‌دهنده شرایط زیستی مطلوب و دسترسی کافی ماهیان به منابع غذایی در این تالاب است (Froese, 2006; Le Cren, 1951). بررسی روند شاخص وضعیت (K) با طول کل، شیب منفی و معنی‌داری ($p = 0.017$) را نشان می‌دهد یعنی با افزایش طول کل، شاخص وضعیت کاهش می‌یابد. این نتیجه با رشد آلومتریک منفی جمعیت تطابق دارد. ماهی‌های بزرگ‌تر در این جمعیت، نسبت به افزایش طول، کمتر وزن می‌گیرند. این می‌تواند ناشی از تغییر در ترکیب بدن (کاهش چربی یا عضله نسبی)، سرمایه‌گذاری انرژی در تولیدمثل به‌جای رشد وزنی، یا شرایط محیطی (مانند رقابت یا دسترسی محدود به غذا در اندازه‌های بزرگ‌تر) باشد. بااین‌حال، ازآنجاکه شاخص وضعیت ($K = 2.13$) در محدوده نرمال است، این آلومتری منفی احتمالاً طبیعی و

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

نشانه استرس شدید نیست. یافته‌ها نشان می‌دهند که تالاب شادگان در حال حاضر زیستگاه مناسبی برای این گونه فراهم کرده است. با این‌حال، پایش مستمر شاخص‌های رشد و K می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی تغییرات کیفیت زیستگاه در آینده مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

از همکاری آقای جمال فرسایی بابت تهیه نمونه‌ها و آقای مهندس میلاد خسروی به خاطر فرستادن برخی منابع سپاسگزاریم.

منابع

بوالی، ش.، ذاکری، م.، حقی، م.، و کوچنین، پ. ۱۳۹۵. بررسی رابطه‌ی طول و وزن ماهی تیلاپیا زیلی در تالاب شادگان، دومین همایش ملی توسعه پایدار دریا محور، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ۶ و ۷ بهمن ماه ۱۳۹۵.

حکیمی مفرد، ر.، خدادادی، م.، کوچنین، پ.، و محمدی، غ. ۱۳۹۲. رابطه بین طول و وزن ماهی شیر (Scomberomorus commerson-Lacepède, 1800) در سواحل استان خوزستان. زیست‌شناسی دریا، ۵ (۱)، ۶۲-۵۱.

حکیمی مفرد، ر.، و حکیمی مفرد، ر. (۱۳۹۳). مروری بر نرم افزارهای رایگان آماری. مجله دانشگاهی یادگیری الکترونیکی *Interdisciplinary Journal of Virtual Learning in Medical Sciences (IJVLMS)*، (۵) ۱.

هاشمی، س.، و اسکندری، غ. ۱۳۹۲. ارزیابی ذخیره و تولید ماهی تالاب شادگان در استان خوزستان، مجله پژوهش‌های جانوری(مجله زیست‌شناسی ایران) ، جلد ۲۶ شماره ۲.

ولی‌خانی، ح.، عبدلی، الف.، حسن زاده کیابی، ب.، نجات، ف.، ۱، صادق‌صبا، م.، و خسروی، م. ۱۳۹۶. بررسی وضعیت ماهیان غیربومی مهاجم تیلاپیا *Coptodon zillii* (Gervais, 1848) و*Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) در اکوسیستم‌های آبی خوزستان، فصلنامه علوم محیطی، دوره پانزدهم، شماره ۴، زمستان ۹۳.

Adaobi, P., Victor, J., Leonard, I., and Godfrey, C. 2021. Length-weight Relationship and Condition Factor of Cichlids in Eniong and Lower Cross Rivers, Niger Delta, Nigeria. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*.

Anderson, R. O., and Neumann, R. M. 1996. Length, weight, and associated structural indices. In B. R. Murphy & D. W. Willis (Eds.), Fisheries Techniques (2nd ed., pp. 447–482). Bethesda, MD: American Fisheries Society.

Béarez, P. 2003. The hippopotamus pond (Burkina Faso): hydrobiology and fisheries. p. 98-107. In M.L.D. Palomares, B. Samb, T. Diouf, J.M. Vakily and D. Pauly (eds.). Fish biodiversity: local studies as basis for global inferences. ACP-EU Fish. Res. Rep. 14, 281p.

Coulibaly, N.D. 2003. Length-weight relationships of 11 fish species of Burkina Faso. p. 20-22. In M.L.D. Palomares, B. Samb, T. Diouf, J.M. Vakily and D. Pauly (eds.). Fish biodiversity: local studies as basis for global inferences. ACP-EU Fish. Res. Rep. 14, 281p.

Canonico, G. C., Arthington, A., McCrary, J. K., and Thieme, M. L. 2005. The Effects of Introduced Tilapias on Native Biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15(5), 463–483.

Entsua-Mensah, M., A. Osei-Abunyewa and M.L.D. Palomares. 1995. Length-weight relationships of fishes from tributaries of the Volta River, Ghana: Part 1. Analysis of pooled data sets. Naga ICLARM Q. 18(1):36-38.

Felix, E., Oscar, E., and Victory, A. 2021. Morphometric, Meristic and Conditional Factor Characterization of Redbelly Tilapia (Coptodon zillii) in Lake Komadugu, Yobe State, Nigeria., 21-32.

Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, *22*(4), 241–253.

Kevin, O., Waithaka, E., Nicholas, O., Oscar, D., and Kyule, D. 2020. Some aspects of fish growth in Redbelly Tilapia (Coptodon zilli) and Largemouth Bass (Micropterus salmoides) in Lake Naivasha, Kenya. *Fisheries and Aquaculture Journal*, 11, 1-5.

Khalifa, S., Attee, R., and Hamad, S. 2020. Some properties of morphological and relationship weight – length with condition factor of the coptodon zillii (gervais, 1848) in the tigris river, baghdad, iraq. *Diyala Agricultural Sciences Journal*.

King, M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Fishing news book. Osney Mead. Oxford. 341 p.

King, R.P. 1996. Length-weight relationships and related statistics of 73 populations of fish occurring in inland waters of Nigeria. Naga ICLARM Q. 19(3):49-52.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

Kiyan Ersi, F., Ansari, H., Hekmatpoor, F., Oufi, F., Hooshmand, H., and Banitorfizadegan, J. 2022. Investigation of ecological effects of the presence of non-native species in Shadegan International Lagoon. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, *31*(1), 81-96.

Konan, K.F., A. Ouattara, M. Ouattara and G. Gourčne. 2007. Weight-length relationship of 57 fish species of the coastal rivers in South-eastern of Ivory coast. Ribarstvo 65(2):49-60.

Lalèyè, P.A. 2006. Length-weight and length-length relationships of fishes from the Ouémé River in Bénin (West Africa). J. Appl. Ichthyol. 22:330-333.

Le Cren, E. D. 1951. The length–weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch, *Perca fluviatilis*. Journal of Animal Ecology, 20(2), 201–219.

Lévêque, C. 1997. Biodiversity dynamics and conservation. The freshwater fish of tropical Africa. Cambridge University Press, Cambridge. 438 p.

Marine, K., Obiero, K., Waithaka, E., Outa, N., Donde, O., and Kyule, D. 2020. Understanding selected growth aspects in Redbelly Tilapia, Coptodon zilli (Gervais) and Largemouth Bass, Micropterus salmoides (Lacepède) in Lake Naivasha, Kenya; Fisheries Management Perspective. *Pan Africa Science Journal*.

Mohamed, A., and Al-Wan, S. 2020. Evaluation of biological characters of the invasive species, Coptodon zillii in the Garmat Ali River, Basrah, Iraq. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8, 176-185.

Nehemia, A., Maganira, J. D., and Rumisha, C. 2012. Length-Weight relationship and condition factor of tilapia species grown in marine and fresh water ponds.

Obayemi, O., Komolafe, O., Okunola, O., Asafa, S., and Ayoade, M. 2019. Length-Weight Relationships and Condition Factors of Three Tilapine Species in an Abandoned Gold Mine Reservoir, Igun, Southwestern Nigeria. *Notulae Scientia Biologicae*.

Odeyemi, D. F., Idowu, E. O., and Oso, J. A. 2025. Length-weight relationship and condition factor of fish species in ero reservoir, ikun ekiti, nigeria. *American International Journal of Biology and Life Sciences*, *7*(1).

Offem, B.O., Y.A. Samsons and I.T. Omoniyi. 2009. Length-weight relationship, condition factor and sex ratio of forty-six important fishes in a tropical flood river. Res. J. Fish Hydro. 4(2):65-72.

Oladimeji, T., Akindolani, G., Aregbesola, O., and Ogbuebunu, K. 2025. Length-Weight Relationship and Condition Factor of Three Populations of Coptodon zillii in Southwest, Nigeria. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*.

Saied, H. 2021. Micro – Nutrients of Red – Billy Tilapia (coptodon Zillii) Among Different Egyptian Water Masses. *GLOBAL RESEARCH REVIEW* 1 (02):60-62.

Smith, R. J. 2009. Use and misuse of the reduced major axis for line-fitting. *American Journal of Physical Anthropology*, *140*(3), 476–486.

Tabasian, H., Abdoli, A., Mediseh, S., and Khorasani, N. 2021. The reproductive biology of the invasive redbelly tilapia, Coptodon zillii, case study: Shadegan Wetland, Iran.

Urom, E. S., Paul, I. E. A., Joseph, O. C., Ambo, A. A., and Bassey, D. Q. 2025. Length-Weight Relationship and Condition Index of the Red Belly Tilapia (Coptodon Zillii) In the Great Kwa River. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*, *31*(3), 599-606.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

Growth Pattern and Length–Weight Relationships of Redbelly Tilapia (*Coptodon zillii*) in Shadegan Wetland Using OLS and RMA Regression Models

Reza Hakimimofrad [1]
Roshana Behbash [2*]

1. Graduate in Fisheries, Ahv.C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2. Department of Environment, Ahv.C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

***Corresponding author:**
behbash@iau.ac.ir

Received date: **November/24/2025**
Accepted date: **January/08/2026**

Abstract

Shadegan Wetland, the largest wetland in Iran and a key aquatic ecosystem in the Middle East, has been significantly impacted by the invasive redbelly tilapia (*Coptodon zillii*). Understanding the growth dynamics of this species is essential for effective management and ecological impact assessment. This study aimed to investigate the length–weight relationship and allometric growth of *C. zillii* in Shadegan Wetland, comparing estimates derived from Ordinary Least Squares (OLS) and Reduced Major Axis (RMA) regression methods. In spring 2016, 30 individuals were sampled, and their total length (TL), standard length (SL), and body weight were recorded. The length–weight relationship was estimated using log-transformed linear regression equations. Strong linear correlations were observed between length and weight. Model fitting based on total length ($r^2 = 0.968$) exhibited a stronger fit than that based on standard length ($r^2 = 0.886$). For all regressions, the estimated growth coefficient (b) was less than 3, indicating negative allometric growth, where weight increases disproportionately less than length. The RMA method consistently yielded higher b values than OLS and is generally considered more appropriate for biological studies due to its accounting for error in both variables. The condition factor (K) was calculated as 2.13 and exhibited a significant decreasing trend with increasing TL, consistent with the observed negative allometric growth. Overall, these results suggest successful establishment and favorable conditions for *C. zillii* in Shadegan Wetland. Therefore, regular monitoring of growth dynamics and condition factors is recommended for effective management and conservation of this valuable aquatic ecosystem.

Keywords: Redbelly tilapia, Shadegan Wetland, Length-weight relationship, Growth pattern, Regression methods

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]