مجله بوم شناسی آبزیان

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

ریخت‌شناسی اتولیت‌های ساجیتای ماهی کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei* Bloch and Schneider, 1801) در شمال خلیج فارس و دریای عمان

مهرناز قنبرزاده[۱]، احسان کامرانی[۲]، محمدشریف رنجبر[۱*]، علی سالارپوری[۳]، کارل والترز[٤]

[۱] گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

[۲] گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

[۳] پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

[٤] گروه شیلات، دانشگاه بریتیش کلمبیا، ونکوور، کانادا

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۷/۱۱/۱۴
اصلاح: ۹۸/۰۱/۲۷
پذیرش: ۹۸/۰۴/۰۵

کلمات کلیدی:
اتولیت
خلیج فارس
ریخت‌سنجی
کفشک تیزدندان

چکیده

این مطالعه جهت بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی اتولیت‌های ساجیتای گونه کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei*) در شمال خلیج فارس و دریای عمان (آب‌های استان هرمزگان) انجام گرفت. برای این منظور ۱۱۹ نمونه از مهر ۱۳۹۵ تا آبان ۱۳۹۶ جمع‌آوری و مطالعه گردید. پس از زیست‌سنجی نمونه‌ها، جفت اتولیت‌های ساجیتا استخراج و ویژگی‌های زیست‌سنجی آن‌ها شامل طول، عرض، محیط، ضخامت، مساحت و وزن اندازه‌گیری و ثبت شدند. مقادیر محاسبه شده برای شاخص‌های اندازه (۰/۰۵)، کشیدگی (۲/۶-۲) و ضخامت (۰/۱۳) نشان داد که اتولیت‌های گونه کفشک تیزدندان دارای اندازه بزرگ، کشیدگی متوسط و ضخامت نازک می‌باشند. مقایسه متغیرها بین جفت اتولیت‌ها نشان داد که محل قرارگیری اتولیت‌ها یک عامل تأثیرگذار بر ویژگی‌های ریخت‌سنجی اتولیت است. همچنین، نتایج بیانگر عدم تقارن جهت‌دار بین جفت اتولیت‌ها در این گونه بود. روابط رگرسیونی طول کل ماهی با متغیرهای اتولیت، وابستگی قوی‌ای بین طول کل ماهی با طول، مساحت و وزن اتولیت نشان داد (R^2>۰/۷۵). نتایج این مطالعه، اطلاعات بنیادی برای انجام مطالعات دیگر درزمینهٔ شناسایی دقیق ذخایر کفشک تیزدندان، به عنوان یک گونه مهم تجاری، در شمال خلیج فارس و دریای عمان بر اساس آنالیز شکل و ترکیبات شیمیایی اتولیت را فراهم می‌کند و از این طریق به مدیریت صید این گونه و بهره‌برداری پایدار از ذخایر آن در منطقه کمک شایانی می‌کند.

مقدمــه

ماهی کفشک تیزدندان با نام علمی (*Psettodes erumei* Bloch and Schneider, 1801) و نام انگلیسی Indian halibut از جمله ماهی‌های مهم پهن تجاری متعلق به راسته کفشک‌ماهی شکلان (Pleuronectiformes) محسوب می‌شود و دارای پراکنش وسیعی در مناطق مصبی و ساحلی اقیانوس آرام غربی، دریای سرخ و شرق آفریقا تا ژاپن می‌باشد (Nelson, 2006).

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: sharif.ranjbar@gmail.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]

این ماهی تنها گونه از خانواده کفشک‌ماهیان تیزدندان (Psettodidae) در خلیج فارس و دریای عمان است و از ماهی‌های مهم تجاری و اقتصادی بسترزی در این مناطق محسوب می‌شود (Eighani and Paighambari, 2014; Yasemi *et al.*, 2008) که اغلب بر روی بسترهای شنی و گلی تا اعماق ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر یافت می‌شود (Das and Mishra, 1990; Devadoss *et al.*, 1977). کفشک تیزدندان زندگی خود را به صورت پلاژیک آغاز می‌کند و دارای لاروهایی با تقارن دوطرفه است؛ اما طی پدیده دگردیسی تبدیل به ماهی‌های پهن کفزی و نامتقارن با فرم بدنی فشرده شده از پهلو می‌گردد (Popper *et al.*, 2005).

از بین سه جفت اتولیت ماهی‌های استخوانی، اتولیت ساجیتا بزرگ‌ترین اتولیت در اکثر گونه‌ها می‌باشد و بیشترین تغییرات ریختی را در میان گونه‌ها دارد و به همین دلیل در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (Campana and Neilson, 1985). عوامل محیطی، عوامل وابسته به رشد، فیزیولوژی و فیلوژنی می‌توانند ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی و ریزساختار اتولیت‌ها را تحت تأثیر قرار دهند (Gonzalez Naya *et al.*, 2012; Volpedo and Fuchs, 2010). مطالعات بر روی اتولیت ماهی‌ها در سال ۱۹۳۵ توسط Rao در هند و با کار بر روی اتولیت گونه کفشک تیزدندان آغاز شد. پس از آن، انجام مطالعات دیگر نشان داد که اتولیت‌های ساجیتا در گونه‌های دارای تقارن دو طرفه از لحاظ ریختی کاملاً مشابه و قرینه و در نتیجه غیرقابل تشخیص از یکدیگر می‌باشند (Hunt, 1992; Jaramillo *et al.*, 2014). اما در ماهی‌های پهن به دلیل دگردیسی، تقارن دوطرفه اتولیت تحت تأثیر تغییرات مورفولوژیکی نامتقارن عمیقی قرار می‌گیرند. عدم تقارن در شکل و ویژگی‌های ریختی اتولیت‌های ساجیتا در برخی از ماهی‌های پهن از جمله *Solea solea* (Mérigot *et al.*, 2007) و *Pseudopleuronectes americanus* (Jackman *et al.*, 2015) مورد بررسی قرار گرفته است. Mille و همکاران (۲۰۱۵) نیز عدم تقارن در شکل و اندازه اتولیت‌های ساجیتای راست و چپ در سه گونه راست رخ و یک گونه چپ رخ از ماهی‌های پهن را بررسی نمودند. تاکنون هیچ مطالعه‌ی ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی اتولیت‌های ساجیتای گونه کفشک تیزدندان و مقایسه این ویژگی‌ها بین اتولیت‌های سمت دارای چشم (eyed-side) و اتولیت‌های سمت فاقد چشم (blind-side) را در سطح گسترده مورد بررسی قرار نداده است. شناخت ویژگی‌های ریختی و شکل اتولیت‌ها، اطلاعات پایه جهت انجام مطالعات دیگر از جمله مطالعات مربوط به شناسایی درون گونه‌ای و تشخیص جمعیت‌های مختلف یک گونه را فراهم می‌کند. با توجه به این موضوع، هدف از انجام این مطالعه، توصیف ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی اتولیت‌های ساجیتا در گونه کفشک تیزدندان بخش شمالی خلیج فارس و دریای عمان (آب‌های استان هرمزگان) و مقایسه این ویژگی‌ها بین جفت اتولیت‌ها (اتولیت‌های سمت دارای چشم و اتولیت‌های سمت فاقد چشم) بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری مربوط به این مطالعه در محدوده آب‌های استان هرمزگان انجام شد (در محدوده جغرافیایی ۲۸ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۲۵ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی). نمونه‌های کفشک تیزدندان مورد نیاز، در فاصله زمانی از مهر ماه ۱۳۹۵ لغایت آبان ماه ۱۳۹۶ از صید تورهای ترال کفروب و تورهای گوش‌گیر کف که عمدتاً صید خود را در اعماق ۲۰ تا ۵۰ متری انجام می‌دادند، تهیه و برای انجام آنالیزهای بعدی، در یونولیت‌های حاوی پودر یخ به آزمایشگاه جانورشناسی دریایی پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان منتقل شدند.

در آزمایشگاه ابتدا زیست‌سنجی نمونه‌ها، شامل اندازه‌گیری طول کل (TL)، طول استاندارد (SL) (سانتی‌متر) و وزن بدن (W) (گرم) انجام شد. سپس وضعیت راست‌رخ یا چپ‌رخ بودن هر کدام از نمونه‌ها تعیین گردید. اتولیت‌های ساجیتا، از محل اتصال تحتانی آبشش‌ها به زیر دهان به کمک ابزار تشریح خارج شدند. از محلول اتانول ۹۶٪ برای مدت ۱ ساعت، برای جداسازی بافت‌های همبند متصل به اتولیت استفاده شد. به کمک نرم‌افزار Motic Image plus 2 پارامترهای ریخت‌سنجی اتولیت شامل

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]

طول (L_o) (بیشترین فاصله بین قسمت خلفی و قدامی اتولیت)، عرض (l_o) (بیشترین فاصله بین قسمت پشتی و شکمی اتولیت)، محیط (P_o) (میلی‌متر) و مساحت (A_o) (میلی‌متر مربع)، تعیین گردیدند (شکل ۱). برای تعیین ضخامت اتولیت‌ها (D_o) از کولیس با دقت ۰/۰۲ میلی‌متر و برای تعیین وزن آن‌ها (W_o) از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد.

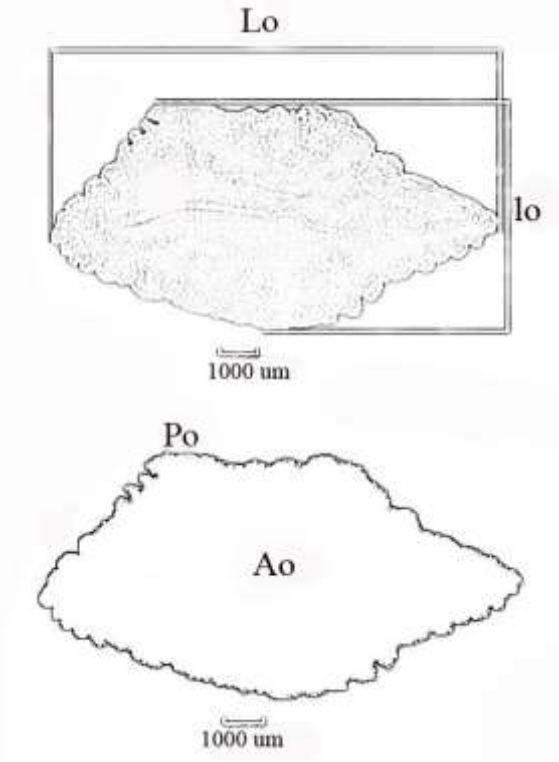
به منظور تعیین ویژگی‌های ریخت‌شناسی اتولیت‌ها از سه شاخص به شرح زیر استفاده شد (Sadighzadeh *et al.*, 2007):

شاخص اندازه اتولیت (OSI): برابر است با نسبت طول اتولیت به طول کل ماهی

شاخص کشیدگی اتولیت (OLI): برابر است با نسبت طول اتولیت به عرض اتولیت

شاخص ضخامت اتولیت (OTI): برابر است با نسبت ضخامت اتولیت به میانگین طول و عرض اتولیت

مقادیر محاسبه شده برای این شاخص‌ها به صورت جدول ۱ قابل توصیف است.



شکل ۱. متغیرهای اندازه‌گیری شده اتولیت در گونه کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei*)، Lo: طول اتولیت، lo: عرض اتولیت، Po: محیط اتولیت (میلی‌متر) و Ao: مساحت اتولیت (میلی‌متر مربع)

کلیه محاسبات و رسم نمودارها به کمک نرم‌افزارهای اکسل ۲۰۱۶، R (نسخه ۳،۳،۳) و SPSS (نسخه ۲۲) انجام شد. قبل از انجام آنالیزهای آماری همه داده‌ها از لحاظ نرمال بودن و همگنی واریانس‌ها به ترتیب به کمک آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و آزمون لوین ($p<0.05$) بررسی شدند. برای متغیرهایی که از فرضیه‌های آزمون‌های پارامتری تبعیت نمی‌کردند از آزمون‌های ناپارامتری معادل (با آزمون‌های پارامتری) استفاده شد. برای مقایسه میانگین متغیرهای مختلف اتولیت (وزن، طول، عرض، مساحت و ضخامت) بین اتولیت‌های سمت دارای چشم و اتولیت‌های سمت فاقد چشم از آزمون Mann-Whitney و برای مقایسه میانگین محیط بین جفت اتولیت‌ها از آزمون T مستقل استفاده شد. جهت مقایسه طول اتولیت سمت دارای چشم در مقابل طول اتولیت سمت فاقد چشم، آنالیز رگرسیون به روش حداقل مربعات (با استفاده از یک رابطه خطی بر اساس یک همبستگی مورد انتظار بین جفت اتولیت‌ها)، استفاده شد. برای تعیین رگرسیون بین طول کل ماهی و متغیرهای مختلف اتولیت، ابتدا همبستگی بین طول کل ماهی و متغیرها از طریق همبستگی اسپیرمن و پیرسون مورد بررسی قرار گرفت و سپس از رگرسیون توانی (بین طول کل ماهی و وزن اتولیت) و خطی (بین طول کل ماهی و سایر متغیرها) استفاده شد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]

جدول ۱. طبقه‌بندی ابعادی شاخص‌های اتولیت (Sadighzadeh *et al.*, 2007)

شاخص	مشخصه	دامنه
شاخص اندازه اتولیت (OSI)	کوچک	OSI≤ ۰/۰۳
	متوسط	۰/۰۴ > OSI > ۰/۰۳
	بزرگ	OSI ≥ ۰/۰۴
شاخص کشیدگی اتولیت (OLI)	پهن	OLI ≤ ۱/۷
	متوسط	۲/۷ > OLI > ۱/۷
	کشیده	OLI ≥ ۲/۷
شاخص ضخامت اتولیت (OTI)	ضخیم	OTI ≥ ۰/۳
	متوسط	۰/۳ > OTI > ۰/۲
	نازک	OTI ≤ ۰/۲

نتایـج

در کل تعداد ۱۱۹ نمونه کفشک تیزدندان با دامنه طول کل ۱۸/۵ تا ۵۹/۵ سانتی‌متر و دامنه وزن ۹۶/۴ تا ۳۸۱۲ گرم در طول دوره مطالعه، جمع‌آوری شد. میانگین و انحراف معیار طول کل ۶/۶۲ ± ۴۲/۶۰ سانتی‌متر، طول استاندارد ۵/۷۹ ± ۳۵/۹۷ سانتی‌متر و وزن کل بدن ۵۶۹/۵۳ ± ۱۲۰۹/۸۱ گرم به دست آمد.

مقادیر میانگین شاخص‌های اندازه، کشیدگی و ضخامت اتولیت در اتولیت‌های سمت دارای چشم به ترتیب ۰/۰۵، ۲ و ۰/۱۳ و در اتولیت‌های سمت فاقد چشم به ترتیب ۰/۰۵، ۲/۶ و ۰/۱۳ محاسبه شد که نشان می‌دهد اتولیت‌های گونه کفشک تیزدندان دارای اندازه بزرگ و ضخامت نازک می‌باشند و از نظر کشیدگی نیز در سطح متوسط قرار دارند (شکل ۲).



شکل ۲. اتولیت سمت دارای چشم و سمت فاقد چشم در یک نمونه راستررخ از گونه کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei*) بخش شمالی خلیج فارس و دریای عمان

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]

متغیرهای مختلف اندازه‌گیری شده در اتولیت‌های سمت دارای چشم و سمت فاقد چشم در جدول ۲ آورده شده است. مقایسه متغیرهای مختلف بین اتولیت‌های سمت دارای چشم و سمت فاقد چشم، تفاوت معنی‌داری را برای دو عدد از این متغیرها یعنی طول (L_o) و ضخامت (D_o) اتولیت نشان داد ($p<۰/۰۵$) (شکل ۳). به طوری که طول در ۸۳/۱۹٪ موارد در اتولیت سمت فاقد چشم بزرگتر از اتولیت سمت دارای چشم بود. در ۱۵/۹۷٪ موارد طول در اتولیت سمت دارای چشم بزرگتر از سمت فاقد چشم بود و در ۰/۸۴٪ موارد نیز طول اتولیت‌ها با هم برابر بود. در ارتباط با ضخامت اتولیت، در اکثر موارد (۶۹/۷۵٪) اتولیت‌های سمت دارای چشم دارای ضخامت بیشتری در مقایسه با اتولیت‌های سمت فاقد چشم بودند. در ۲۰/۱۷٪ نمونه‌ها، اتولیت‌های سمت فاقد چشم دارای ضخامت بیشتری بودند و در ۱۰/۰۸٪ نمونه‌ها نیز جفت اتولیت‌ها دارای ضخامت یکسانی بودند. مقایسه چهار متغیر دیگر شامل وزن، عرض، محیط و مساحت تفاوت معنی‌داری را بین اتولیت‌های سمت دارای چشم و سمت فاقد چشم نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

برآورد رگرسیون خطی به روش حداقل مربعات برای مقایسه طول اتولیت سمت دارای چشم در مقابل اتولیت سمت فاقد چشم، تفاوت معنی‌داری در ابعاد طولی بین جفت اتولیت‌ها نشان داد ($F =۱۴۷۴$ ،$p <۰/۰۰۱$). شیب خط رگرسیون به‌طور معنی‌داری متفاوت از یک بود، اما یک رابطه مثبت خطی را نشان داد. با توجه به نتایج این آنالیز، طول جفت اتولیت‌ها قویاً دارای همبستگی با یکدیگر می‌باشند ($R^2 = ۰/۹۲۶$) که این امر نشان‌دهنده درجه بالایی از تناسب بین جفت اتولیت‌ها با یک رابطه خطی می‌باشد (شکل۴).

جهت تعیین رگرسیون بین طول کل ماهی و متغیرهای اتولیت‌ها، ابتدا همبستگی بین طول کل ماهی با متغیرها، مورد بررسی قرار گرفت و ضریب همبستگی و مقدار p مشخص گردید. انجام همبستگی نشان داد که رابطه بین طول کل ماهی و همه متغیرهای اندازه‌گیری شده اتولیت در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود (جدول ۳). روابط رگرسیونی بین طول ماهی و متغیرهای اتولیت‌ها (سمت دارای چشم و سمت فاقد چشم) در شکل ۵ آورده شده است. با توجه به شکل ۵، روابط قوی بین طول کل ماهی با وزن، طول و مساحت هم در اتولیت‌های سمت دارای چشم و هم در اتولیت‌های سمت فاقد چشم وجود داشت (مقدار R^2 بالای ۰/۷۵).

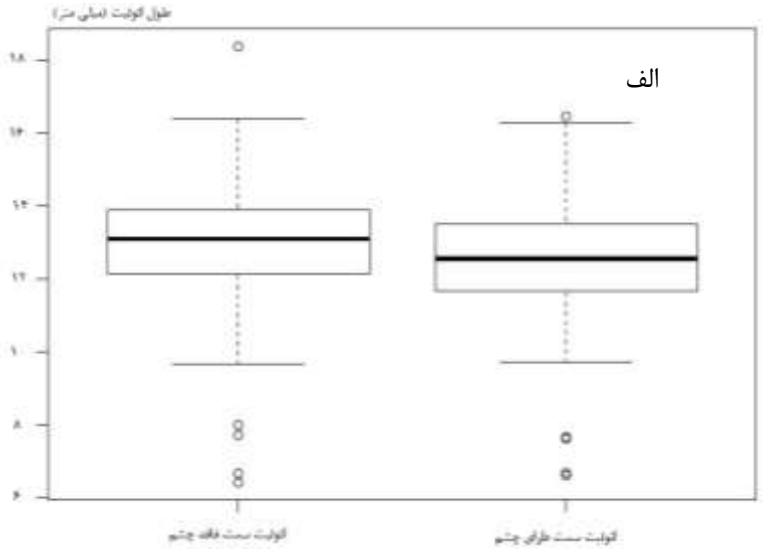
جدول ۲. متغیرهای اندازه‌گیری شده در اتولیت سمت دارای چشم و اتولیت سمت فاقد چشم گونه کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei*) بخش شمالی خلیج فارس و دریای عمان، (وزن اتولیت: گرم، طول، عرض، محیط، ضخامت: میلی‌متر، مساحت: میلی‌متر مربع)

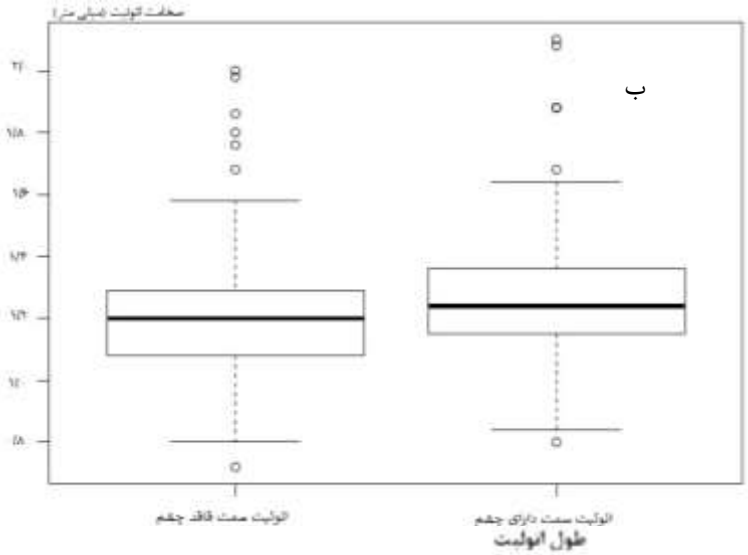
متغیرهای اتولیت	سمت دارای چشم			سمت فاقد چشم			مقدار p
	حداقل	حداکثر	میانگین و انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین و انحراف معیار	
وزن	۰/۰۲	۰/۲۱	۰/۱۰ ± ۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۱۹	۰/۱۰ ± ۰/۰۳	۰/۸۹
طول	۶/۶۱	۱۵/۲۱	۱۲/۳۳ ± ۱/۴۹	۶/۴۱	۱۵/۴۲	۱۲/۶۹ ± ۱/۵۹	۰/۰۲۳*
عرض	۳/۹۱	۸/۰۴	۶/۱۵ ± ۰/۶۷	۳/۸۰	۷/۷۴	۶/۱۹ ± ۰/۷۱	۰/۴۹۹
محیط	۲۰/۸۵	۵۱/۲۹	۳۸/۶۲ ± ۵/۸۸	۲۰/۱۵	۵۴/۹۱	۴۰/۱۹ ± ۶/۲۳	۰/۰۵۷
مساحت	۱۶/۳۸	۷۱/۶۵	۵۱/۱۰ ± ۱۰/۲۲	۱۶/۲۳	۷۵/۶۶	۵۳/۲۱ ± ۱۰/۸۵	۰/۰۸۰
ضخامت	۰/۸۰	۲/۱۰	۱/۲۴ ± ۰/۱۹	۰/۷۲	۱/۹۸	۱/۱۹ ± ۰/۱۹	۰/۰۲۶*

* معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

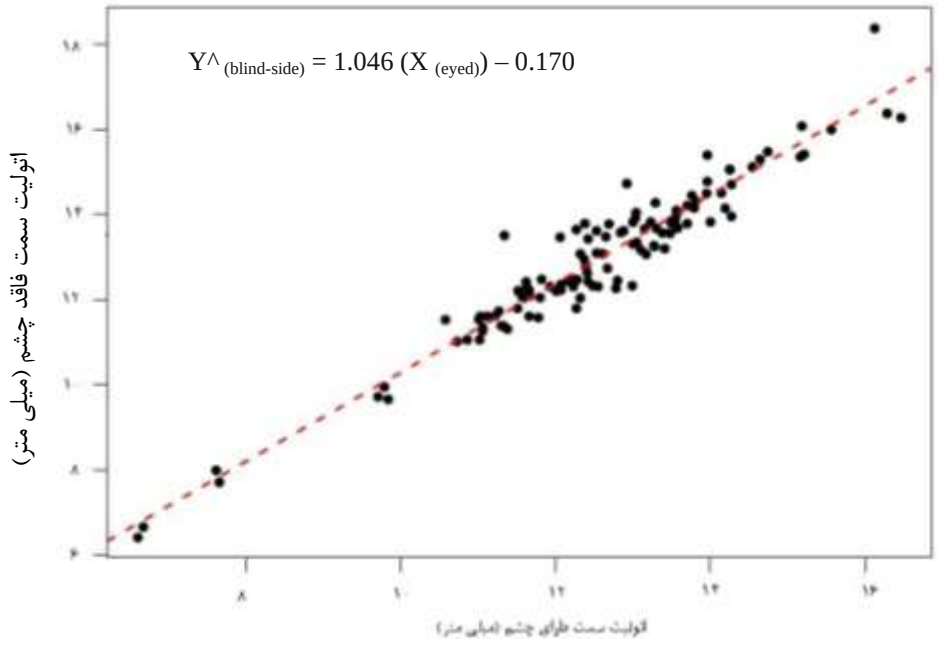
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]





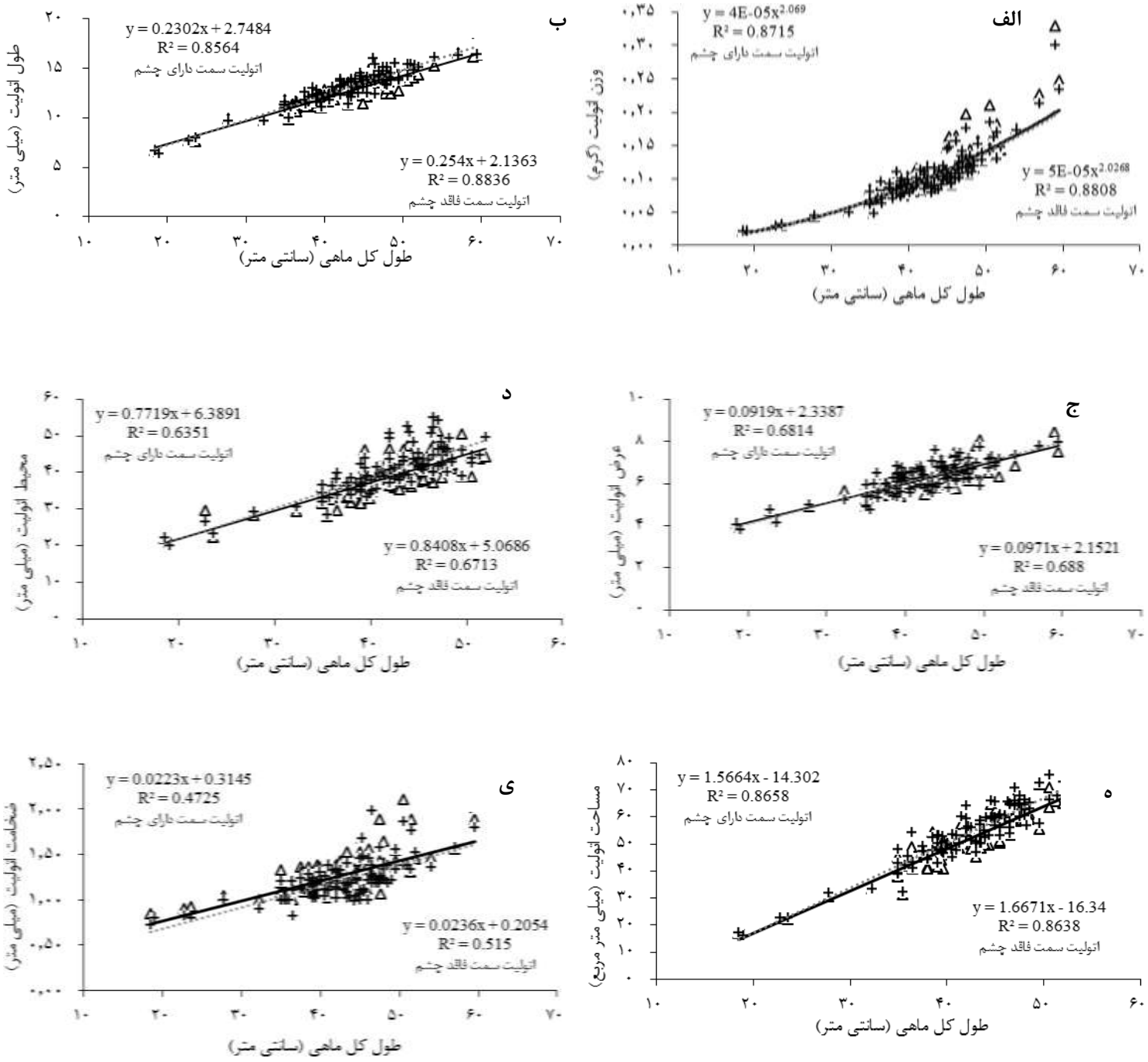
شکل ۳. باکس پلات الف: طول و ب: ضخامت اتولیت بر اساس وضعیت قرارگیری در گونه کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei*) (نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین طول و ضخامت اتولیت سمت دارای چشم و سمت فاقد چشم)



شکل ۴. رگرسیون خطی طول اتولیت (میلی‌متر) سمت دارای چشم در مقابل سمت فاقد چشم. خط نشان‌دهنده شیب رگرسیون است.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]



شکل ۵. نمودارهای مربوط به روابط رگرسیونی طول کل ماهی با الف: وزن اتولیت، ب: طول اتولیت، ج: عرض اتولیت، د: محیط اتولیت، ه: مساحت اتولیت، ی: ضخامت اتولیت در گونه کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei*) در بخش شمالی خلیج فارس و دریای عمان. Δ و خط کامل: اتولیت سمت دارای چشم، + و خط نقطه چین: اتولیت سمت فاقد چشم

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]

جدول ۳. ضریب همبستگی بین طول کل ماهی و متغیرهای مختلف اتولیت‌های سمت دارای چشم و سمت فاقد چشم گونه کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei*) در بخش شمالی خلیج فارس و دریای عمان (**: p< ۰/۰۱)

متغیرهای اتولیت	اتولیت سمت دارای چشم	اتولیت سمت فاقد چشم
	ضریب همبستگی (r)	ضریب همبستگی (r)
وزن	۰/۸۹۲**	۰/۸۸۵**
طول	۰/۸۶۶**	۰/۸۹۹**
عرض	۰/۸۲۵**	۰/۸۲۹**
محیط	۰/۵۹۳**	۰/۵۵۶**
مساحت	۰/۹۰۰**	۰/۸۹۱**
ضخامت	۰/۶۲۵**	۰/۶۶۷ **

بحث

اتولیت‌ها اولین بخش سختی هستند که در ماهی‌ها شکل می‌گیرند و در تمام طول زندگی ماهی بدون تغییر باقی می‌مانند (Furlani *et al.*, 2007). اتولیت‌ها از نظر شکل و اندازه در گونه‌های مختلف ماهی‌ها متفاوت هستند (Murie and Lavigne, 1985). اگر چه شباهت بین اتولیت‌های چند گونه از یک جنس، چند گونه از جنس‌های مختلف متعلق به یک خانواده و حتی بعضی مواقع گونه‌های متعلق به خانواده‌های مختلف به اندازه‌ای زیاد است که در نگاه اول تفکیک آن‌ها از یکدیگر دشوار است، اما وجود اختلافات جزئی در شکل ظاهری و خصوصیات ریخت‌سنجی اتولیت‌ها برای شناسایی و تفکیک گونه‌ها کفایت می‌کند. از نظر شکل ظاهری، اتولیت می‌تواند بسیار بزرگ یا کوچک، بسیار کشیده یا گرد، ضخیم و یا نازک باشد. در تحقیق حاضر، بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی اتولیت‌ها در گونه کفشک تیزدندان بر اساس مقادیر میانگین محاسبه شده برای شاخص اندازه (۰/۰۵)، شاخص کشیدگی (۲/۶-۲) و شاخص ضخامت اتولیت‌ها (۰/۱۳) نشان داد که اتولیت در این گونه دارای اندازه بزرگ، کشیدگی متوسط و ضخامت نازک می‌باشد. اندازه اتولیت ارتباط زیادی با محل زندگی نمونه (اپی‌پلاژیک، مزوپلاژیک، بنتوپلاژیک)، ساختار کیسه شنا، وجود توانایی در سایر حواس از جمله بینایی و وضعیت حضور نمونه در منطقه جزر و مدی یا خارج از آن دارد. نسبت طول اتولیت به طول ماهی در ماهی‌های ساحلی بین ۰/۱۳ تا ۶/۰۹ درصد طول ماهی است (Paxton, 2000). اندازه بزرگ اتولیت در گونه کفشک تیزدندان ممکن است نتیجه یک یا تعداد بیشتری از موارد باشد: همان‌گونه که می‌دانیم عملکرد اتولیت‌ها در رابطه با شنوایی و کمک به حفظ تعادل یا ادراک جاذبه می‌باشد. به نظر می‌رسد که اندازه بزرگ اتولیت‌ها در این گونه در ارتباط با نیاز آن در زمینه تشخیص دقیق امواج صوتی به دلیل کم بودن شدت این امواج در عمق‌های بیشتر دریاها و اقیانوس‌ها باشد. هم‌چنین با توجه به آرام بودن بستر دریا بنابراین اتولیت‌ها در ساکول حرکت چندانی نخواهند داشت و در نتیجه بزرگ بودن اندازه اتولیت در ماهی‌های بسترزی مانند کفشک تیزدندان مشکل خاصی در امر تعادل آن‌ها ایجاد نخواهد کرد. علاوه بر این شنیدن دقیق صدا در آب‌های آرام عمقی ممکن است به اندازه‌ای مهم باشد که نسبت به دید دقیق رنگ در آب‌های سطحی ارجحیت پیدا کند (Paxton, 2000). جدول ۴ مقایسه‌ای از شاخص‌های مورد مطالعه بین گونه‌های سطح زی و کفزی را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۴، اغلب ماهی‌های سطح زی دارای اتولیت‌های کوچک هستند، یعنی شاخص اندازه اتولیت در آن‌ها کمتر از ۰/۰۳ است. مقایسه شاخص کشیدگی بیانگر این است که شکل اتولیت در برخی از ماهی‌های سطح زی مثل شیر و قباد کاملاً کشیده و طویل و در برخی دیگر نه کاملاً

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]

جدول ۴. مقایسه میانگین شاخص‌های اتولیت در برخی از ماهی‌های سطح زی و کفزی

نام علمی گونه	نام فارسی	وضعیت اکولوژیکی	میانگین شاخص اندازه	میانگین شاخص کشیدگی	میانگین شاخص ضخامت	منبع
Psettodes erumei	کفشک تیزدندان	کفزی	۰/۰۵	۲-۲/۶	۰/۱۳	مطالعه حاضر
Arius dussumieri	گربه ماهی خاکی	کفزی	۰/۱۸	۱/۳۳	۰/۴۲	Javadzadeh *et al.*, 2014
Arius thalassinus	گربه ماهی بزرگ	کفزی	۰/۲۴	۱/۲۳	۰/۳۷	Javadzadeh *et al.*, 2014
Drepane longimana	عروس ماهی نواری	کفزی	۰/۲۰	۱/۶۵	۰/۲۸	Javadzadeh *et al.*, 2014
Drepane punctata	عروس ماهی منقوط	کفزی	۰/۲۵	۱/۸۶	۰/۱۹	Javadzadeh *et al.*, 2014
Rachycentron canadum	سوکلا	سطح زی	۰/۱۰	۱/۱۲	۰/۱۰	Javadzadeh *et al.*, 2014
Nemipterus japonicus	گوازیم دم رشته‌ای	کفزی	۰/۰۴	۱/۸۰	۰/۱۸	Campana and Neilson, 1985
Sardinella sindensis	ساردین سند	سطح زی	۰/۰۲	۲/۲۰	۰/۱۹	Sadighzadeh *et al.*, 2007
Dussumieria acuta	ساردین رنگین کمان	سطح زی	۰/۰۲	۱/۸۰	۰/۲۷	Sadighzadeh *et al.*, 2007
Encrasicholina punctifer	موتو منقوط	سطح زی	۰/۰۲	۲/۰۰	۰/۲۲	Sadighzadeh *et al.*, 2007
Scomberomorus commerson	شیر	سطح زی	۰/۰۱	۳/۰۰	۰/۱۰	Sadighzadeh *et al.*, 2007
Scomberomorus guttatus	قباد	سطح زی	۰/۰۲	۲/۷۰	۰/۱۰	Sadighzadeh *et al.*, 2007
Thunnus tonggol	هوور	سطح زی	۰/۰۱	۳/۲۰	۰/۲۳	Sadighzadeh *et al.*, 2007

گرد و نه کاملاً بیضوی و کشیده می‌باشد. مقایسه شاخص ضخامت نیز نشان می‌دهد که این گروه دارای اتولیت‌هایی با ضخامت متوسط تا نازک می‌باشند. از سوی دیگر بررسی شاخص‌ها در ماهی‌هایی که حرکت کندتری دارند یا کفزی هستند، نشان می‌دهد که این گروه از ماهی‌ها دارای اتولیت‌هایی با اندازه بزرگ‌تر و کشیدگی کمتر (گردتر) می‌باشند و از نظر ضخامت نیز اتولیت برخی بسیار ضخیم و برخی متوسط تا نازک می‌باشد.

در این مطالعه، محل قرارگیری اتولیت‌ها (در سمت دارای چشم و یا در سمت فاقد چشم) به عنوان یک عامل تأثیرگذار بر ویژگی‌های ریخت‌سنجی اتولیت شناسایی گردید. هم‌چنین، نتایج وجود عدم تقارن جهت‌دار بین جفت اتولیت‌ها در گونه کفشک تیزدندان را تأیید نمود؛ بدین معنی که اتولیت‌های طویل‌تر و عریض‌تر عمدتاً در سمت فاقد چشم و اتولیت‌های ضخیم‌تر و سنگین‌تر در سمت دارای چشم قرار داشتند. مقایسه میانگین طول (L_o) و ضخامت (D_o) بین اتولیت‌های سمت دارای چشم و سمت فاقد چشم تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($p<۰/۰۵$) (شکل ۳). طول اتولیت سمت فاقد چشم در ۸۳/۱۹٪ موارد بزرگتر از اتولیت سمت دارای چشم بود، علیرغم این موضوع، اندازه‌گیری طول بین جفت اتولیت‌ها یک رابطه خطی مثبت را نشان داد (شکل ۴). همبستگی قوی در اندازه‌گیری‌های طولی جفت اتولیت‌ها، درجه بالایی از تناسب بین آن‌ها را به رغم تفاوت‌های ابعادی نشان می‌دهد که این امر نشان‌دهنده این است که با افزایش طول اتولیت سمت دارای چشم در

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]

این گونه اتولیت سمت فاقد چشم نیز رشد نموده است. تفاوت‌های ابعادی ذکر شده معمولاً در ماهی‌های گرد (Roundfishes) مشاهده نمی‌شود و یا بسیار کمتر از آن چیزی است که در ماهی‌های پهن دیده می‌شود (Cardinale *et al.*, 2004; Lychakov and Rebane, 2005; Panfili *et al.*, 2002). وجود چنین تفاوت‌هایی در گونه کفشک تیزدندان همانند بسیاری دیگر از ماهی‌های پهن امری عادی و متداول است (Hunt, 1992; Jackman *et al.*, 2015; Mille *et al.*, 2015) و اغلب موجب می‌شود که نتوان اتولیت‌ها را به جای یکدیگر به کار برد. دلایلی که برای عدم تقارن مورفولوژیکی اتولیت‌های سمت دارای چشم و سمت فاقد چشم ماهی‌های پهن وجود دارند، اغلب به صورت تئوری هستند. اما تأثیر چرخش بدن در طول مراحل رشدی، کنترل‌های موقعیتی در طول فرایند پهلوگیری (Lateralization) و سازگاری برای زندگی در کف به عنوان دلایلی برای عدم تقارن اتولیت‌های ماهی‌های پهن پیشنهاد شده است (Helling *et al.*, 2005; Hunt, 1992; Schreiber, 2006). در حقیقت، تغییر در جهت‌گیری وضعی ماهی کفشک تیزدندان در طول پدیده دگردیسی، عدم تقارن مربوطه در الگوهای رشد اتولیت‌های ساجیتا را توضیح می‌دهد و منجر به این می‌شود که با گذشت زمان جفت اتولیت‌ها از لحاظ مورفولوژیکی دچار اختلاف شوند و این امر ادامه یابد (Helling *et al.*, 2005; Jearld *et al.*, 1993). هم‌چنین عدم تقارن مورفولوژیکی اتولیت‌های ساجیتا در ماهی‌های پهن می‌تواند ناشی از تفاوت در معدنی شدن زیستی اتولیت بین گوش داخلی راست و چپ باشد که این امر خود می‌تواند ناشی از اختلال در شیب ابتدایی- انتهایی پیش‌سازهای اتولیت در اندولنف و هم‌چنین موقعیت اتولیت در ارتباط با ساختار هندسی اپیتلیوم شنوایی به دلیل عدم تقارن در ریخت‌شناسی بدن و رفتار پهلوگیری، باشد (Kajajian *et al.*, 2013; Loher *et al.*, 2008). عدم تقارن در ویژگی‌های ریختی اتولیت‌های راست و چپ در برخی دیگر از گونه‌های ماهی‌های پهن از جمله *Pseudopleuronectes americanus* (Jackman *et al.*, 2015)، *Pleuronectes platessa*، *Limanda limanda*، *Solea solea* و *Lepidorhombus whiffiagonis* (Mille *et al.*, 2015) و *Solea solea* (Mérigot *et al.*, 2007) نیز نشان داده شده است.

بیشتر مطالعات در زمینه بررسی ارتباط بین اندازه ماهی و اتولیت، عموماً بر روی ارتباط بین طول ماهی و طول اتولیت تمرکز می‌نمایند (Granadeiro and Silva, 2000). اما مطالعه حاضر، با تمرکز بر روی دیگر خصوصیات ریخت‌سنجی اتولیت‌ها (علاوه بر طول اتولیت)، اطلاعات بیشتری در زمینه روابط بین طول ماهی و دیگر متغیرهای اتولیت را فراهم نموده است. محاسبه بیش از یک معادله در این زمینه بسیار قابل اطمینان‌تر است، زیرا این امکان وجود دارد که بخش‌های کوچکی از حاشیه خلفی و قدامی اتولیت‌ها به دلایل مختلف هنگام کار با اتولیت آسیب دیده باشند که در این صورت و بدون داشتن سایر روابط، به دست آوردن اندازه ماهی از طول اتولیت ممکن نخواهد بود (Jawad *et al.*, 2017). نتایج حاصل از رگرسیون‌های طول کل ماهی با متغیرهای مختلف اتولیت‌ها، وابستگی قوی‌ای بین طول کل ماهی با وزن، طول و مساحت هم در اتولیت‌های سمت دارای چشم و هم در اتولیت‌های سمت فاقد چشم نشان داد (شکل ۵). بسیاری از مطالعاتی که در زمینه اندازه‌گیری‌های یک بعدی و دو بعدی بر روی اتولیت‌های ساجیتای ماهی‌ها انجام شده است، وجود چنین ارتباط قوی‌ای را نشان داده‌اند؛ Jawad و همکاران (۲۰۱۷) همبستگی قوی‌ای بین طول کل ماهی و طول و عرض اتولیت را در دو گونه از ماهی‌های پهن متعلق به راسته کفشک ماهی شکلان یعنی *Pseudopleuronectes yokohamae* و *Paralichthys olivaceus* نشان دادند. وجود ارتباط قوی بین متغیرهای مختلف اندازه‌گیری شده برای اتولیت‌ها و طول کل ماهی توسط Zorica و همکاران (۲۰۱۰) و Dougall (۲۰۰۴) نیز گزارش شده است. از جمله اولین مطالعات انجام شده در این زمینه نیز می‌توان به مطالعه Hunt (۱۹۹۲) اشاره کرد که ارتباط بین طول ماهی با متغیرهای اندازه‌گیری شده اتولیت شامل طول، عرض و وزن اتولیت در شش گونه از ماهی‌های کفزی (از جمله ماهی پهن *Hippoglossoides platessoides*) و دو گونه از ماهی‌های پلاژیک را مورد بررسی قرار

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]

داد و ارتباطی قوی بین این متغیرها با طول ماهی مشاهده نمود. عموماً، ارتباط رگرسیون خطی بین طول ماهی و متغیرهای اتولیت تا زمانی که ماهی در حال رشد است ادامه دارد. پس از آن، ارتباط خطی تقریباً ثابت خواهد ماند و تنها ضخامت و وزن اتولیت افزایش می‌یابد (Aydin *et al.*, 2004). عموماً همبستگی خطی بین متغیرهای اتولیت و طول بدن ماهی در نمونه‌های جوان‌تر در مقایسه با نمونه‌های مسن‌تر بیشتر است. البته میزان این همبستگی تا حد زیادی به عوامل مختلفی از جمله مواد غذایی، زیستگاه و شرایط محیطی وابسته است (Jawad *et al.*, 2011). هم‌چنین، ارتباط بین متغیرهای اندازه‌گیری شده اتولیت و طول ماهی در هر گونه خاص همان گونه می‌باشد و حتی در گونه‌های دارای ارتباط بسیار نزدیک نیز تفاوت‌هایی از این نظر مشاهده می‌شود (Hunt, 1992). به‌طور کلی از ساختار و ابعاد اتولیت و نسبت آن با طول ماهی می‌توان در موارد بسیاری از جمله در تعیین سن ماهی، تعیین اندازه نمونه‌های شکار شده، بررسی اندازه نمونه‌های فسیل شده و یا حتی برای تعیین وضعیت رشد ماهی در زیستگاه‌های مختلف استفاده نمود. هم‌چنین این مورد کاربرد زیادی در مطالعات بوم‌شناسی و ارزیابی جمعیت ماهی‌ها و شرایط تغذیه‌ای آن‌ها دارد.

در مجموع این مطالعه با بررسی و مقایسه ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی اتولیت‌های ساجیتای گونه کفشک تیزدندان، نشان داد که اتولیت‌ها در این گونه دارای اندازه بزرگ، کشیدگی متوسط و ضخامت کم می‌باشند. علاوه بر این، نتایج یک عدم تقارن بین اتولیت‌های سمت دارای چشم و سمت فاقد چشم در این گونه را نشان داد. این نتیجه احتمالاً مرتبط با تغییرات مهم مورفولوژیکی و رفتاری که طی فرایند دگردیسی این گونه اتفاق می‌افتد، می‌باشد. هم‌چنین، نتایج نشان داد که ارتباط نزدیک و مثبتی بین طول کل ماهی و خصوصیات ریخت‌سنجی اتولیت‌ها و نیز یک رابطه توانی قوی بین طول کل ماهی و وزن اتولیت‌ها وجود دارد که این روابط رگرسیونی می‌توانند به عنوان یک شاخص مهم در تعیین رابطه بین اندازه بدن و ابعاد اتولیت در سایر ماهی‌های پهن مورد استفاده قرار گیرند. به‌طور کلی، یافته‌های این مطالعه، اطلاعات پایه‌ای برای مطالعات تکمیلی جهت شناسایی ذخایر کفشک تیزدندان در بخش شمالی خلیج فارس و دریای عمان بر اساس آنالیزهای مختلف شکل اتولیت و نیز آنالیز ترکیبات شیمیایی اتولیت را فراهم می‌کند و از این طریق اطلاعات کلیدی برای مدیریت صحیح ذخایر این گونه در منطقه را در اختیار قرار می‌دهد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه هرمزگان و با استفاده از امکانات آزمایشگاهی و پشتیبانی علمی و فنی پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان انجام شده است.

منابـع

Aydin, R., Calta, M., Coban, M. 2004. Relationships between fish lengths and otolith length in the population of *Chodrostoma regium* (Heckel, 1843) inhabiting Keban Dam Lake, Pakistan. Journal of Biological Sciences. 7(9): 1550-1553.

Campana, S.E., Neilson, J.D. 1985. Microstructure of fish otoliths. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 42: 1014-1032.

Cardinale, M., Doering-Arjes, P., Kastowsky, M., Mosegaard, H.E. 2004. Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 61: 158-167.

Das, M., Mishra, B. 1990. On the biology of *Psettodes erumei* (Bloch & Schn.), an Indian halibut. Journal of Fisheries. 137(2): 79-92.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]

Devadoss, P., Pillai, P.K.M., Natarajan, P., Muniyandi, K. 1977. Observations on some aspects of the biology and fishery of *Psettodes erumei* (Bloch) at Porto Novo. Indian Journal of Fisheries. 24(1/2): 62-68.

Dougall, A.M. 2004. Assessing the use of sectioned otoliths and other methods to determine the age of the centropomid fish, barramundi (*Lates calcarifer*) (Bloch), using know age fish. Fisheries Research. 67: 129-141.

Eighani, M., Paighambari, S.Y. 2014. Performance of a square mesh panel in capturing immature Indian halibut in shrimp trawlers in the Persian Gulf. Journal of the Persian Gulf (Marine Science). 5(15): 1-8.

Furlani, D., Gales, R., Pemberton, D. 2007. Otoliths of common Australian temperate fish: A photographic guide. Collingwood, Australia. 216 p.

Gonzalez Naya, M.J., Tombari, A., Volpedo, A.V., Gómez, S.E. 2012. Size related changes in sagitta otoliths of A*ustraloheros facetus* (Pisces; Cichlidae) from South America. Journal of Applied Ichthyology. 28(5): 752-755.

Granadeiro, J.P., Silva, M.A. 2000. The use of otoliths and vertebrae in the identification and size-estimation of fish in predator-prey studies. Cybium. 24: 383-393.

Helling, K., Scherer, H., Hausman, S., Clark, A.H. 2005. Otolith mass asymmetry in the utricle and saccule of flatfish. Journal of Vestibular Research. 15: 59-64.

Hunt, J.J. 1992. Morphological characteristics of otoliths for selected fish in the northwest Atlantic. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science. 13: 63-67.

Jackman, G., Limburg, K.E., Waldman, J. 2015. Life on the bottom: the chemical and morphological asymmetry of winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) sagittae. Environmental Biology of Fishes. 99: 27-38.

Jaramillo, A.M., Tombari, A.D., Benedito Dura, V., Santamalia, R., Eugenia, M., Volpedo, A.V. 2014. Otolith eco-morphological patterns of benthic fishes from the coast of Valencia (Spain). Thalassas. 30(1): 57-66.

Javadzadeh, N., Ghotbeddin, N., Azhir, M.T. 2014. Comparison of some morphometric characteristics of sagittal otolith in *Rachycentron canadum*, *Arius dussumieri*, *Arius thalassinus*, *Drepane longimana* and *Drepane punctata* in the Persian Gulf and Oman Sea. Scientific Journal of Marine Biology. 5(20): 73-86. (in Persian)

Jawad, L.A., Ambuali, A., Al-Mamry, J.M., Al-Busaidi, H.K. 2011. Relationships between fish length and otolith length, width and weight of the Indian Mackerel *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1817) collected from the sea of Oman. Ribarstov. 69(2): 51-61.

Jawad, L.A., Park, J.M., Kwak, S.N., Ligas, A. 2017. Study of the relationship between fish size and otolith size in four demersal species from the south-eastern Yellow Sea. Cahiers de Biologie Marine. 58: 9-15.

Jearld, A.Jr., Sass, S.L., Davis, M.F. 1993. Early growth, behavior and otolith development of the winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*. Fishery Bulletin. 91: 65-75.

Kajajian, A., Schaffler, J.J., Jones, C.M. 2013. Lack of equivalence in the elemental and stable isotope chemistry within the sagittal otolith pair of the summer flounder. ICES Journal of Marine Science. 71: 356-364.

Loher, T., Wischniowski, S., Martin, G.B. 2008. Elemental chemistry of left and right sagittal otoliths in a marine fish *Hippoglossus stenolepis* displaying cranial asymmetry. Journal of Fish Biology. 73: 870-887.

Lychakov, D.V., Rebane, Y.T. 2005. Fish otolith mass asymmetry: morphometry and influence on acoustic functionality. Hearing Research. 201: 55-69.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]

Mérigot, B., Letourneur, Y., Lecomte-Finiger, R. 2007. Characterization of local populations of the common sole *Solea solea* (Pisces, Soleidae) in the NW Mediterranean through otolith morphometrics and shape analysis. Marine Biology. 151: 997-1008.

Mille, T., Mahe, K., Villanueva, M.C., De Pontual, H., Ernande, B. 2015. Sagittal otolith morphogenesis asymmetry in marine fishes. Journal of Fish Biology. 87(3): 646-663.

Murie, D.J., Lavigne, D.M. 1985. A technique for the recovery of otoliths from stomach contents of Piscivorous pinnipeds. The Journal of Wildlife Management. 49: 910-912.

Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World. John Wiley. 624 p.

Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H., Wright, P.J. 2002. Manual of Fish Sclerochronology. IFREMER-IRD publisher, Brest, France. 463 p.

Paxton, J.R. 2000. Fish otoliths: do sizes correlate with taxonomic groups, habitat and/or luminescence? London, Philosophical Transactions of the Royal Society of London B. 1299-1303 p.

Popper, A.N., Ramcharitar, J.U., Campana, S.E. 2005. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. Marine and Freshwater Research. 56: 497-504.

Rao, S.R. 1935. A study of the otoliths of *Psettodes erumei* (Bl. & Schn.). Proc. 21st Session of Indian Science Congress Assn., Calcutta, Abstracts, Part III, 319.

Sadighzadeh, Z., Vosugi, G., Valinassab, T., Fatemi, M.R. 2007. A review on the otolith morphology in some commercial pelagic fishes of the Persian Gulf. Journal of Veterinary of Islamic Azad University. 1(3): 1-10 (in Persian)

Schreiber, A.M. 2006. Asymmetric craniofacial remodeling and lateralized behavior in larval flatfish. Journal of Experimental Biology. 209: 610-621.

Volpedo, A.V., Fuchs, D.V. 2010. Ecomorphological patterns of the *lapilli* of Paranoplatense Siluriforms (South America). Fisheries Research. 102: 160-165.

Yasemi, M., Keyvan, A., Falahatkar, B.M., Farzingohar, M., Sharifpour, I., Owfi, F., Vossoughi, G.H., Ahmadi, M.R. 2008. Pleuronectiformes species identification along the Iranian coastline of the Persian Gulf. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 7(2): 103-120.

Zorica, B., Sinovčić, G., Keč, V.Č. 2010. Preliminary data on the study of otolith morphology of five pelagic fish species from the Adriatic Sea (Croatia). Acta Adriatica. 51(1): 89-96.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.2.2.0]