



تشخیص افتراقی برخی از گونه‌های تجاری ماهیان تالاب انزلی بر اساس خصوصیات ظاهری اتولیت آن‌ها

آریا اشجع اردلان^۱، راضیه واثقی نیک^۲، مریم عیدی^{۳*}

۱. دانشیار گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. کارشناسی ارشد گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین-پیشوا، ایران

۳. استاد گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین-پیشوا، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۲/۲۸

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی شکل و خصوصیات ریخت‌شناسی اتولیت‌های تعدادی از ماهیان اقتصادی تالاب انزلی و امکان استفاده از این خصوصیات برای شناسایی گونه‌ها به اجرا درآمد. در این مطالعه، اتولیت ساجیتای ۵ گونه از ماهیان اقتصادی آب‌های این تالاب استخراج و خصوصیات ریخت‌شناسی آنها مورد بررسی قرار گرفت. این گونه‌ها متعلق به خانواده‌های اردک ماهیان، گونه اردک ماهی (*Esox lucius*)، خانواده کپورماهیان سرمخروطی، شامل ماهی سیم (*Abramis brama*) و خانواده کپورماهیان شرق آسیا شامل کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*)، خانواده سوف ماهیان، ماهی سوف (*Sander lucioperca*)، خانواده کفال ماهیان، ماهی کفال پوزه باریک (*Chelon saliens*) بودند. در این مطالعه، در مرحله اول، گونه‌ها انتخاب و ویژگی‌های زیست‌سنجی آنها ثبت و اتولیت‌های آنها استخراج گردید. سپس شکل اتولیت‌ها مورد مطالعه قرار گرفت و خصوصیات زیست‌سنجی اتولیت‌های چپ و راست هر نمونه با اندازه‌گیری طول، عرض و ضخامت آنها ثبت گردید. همچنین، شاخص‌های اندازه، کشیدگی و ضخامت اتولیت محاسبه شد و وجود ارتباط بین شاخص‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شکل اتولیت در گونه‌های مختلف و حتی گونه‌های متعلق به یک خانواده متفاوت بود. بزرگترین اتولیت در بزرگترین نمونه از نظر وزن، طول کل و طول سر مشاهده نشد. ارتباط مثبت و معنی‌داری بین طول کل و طول اتولیت در ماهی کفال و سوف وجود داشت. همچنین، ارتباط مثبت و معنی‌داری بین وزن و ضخامت اتولیت در ماهی کفال مشاهده گردید. ریخت‌شناسی اتولیت می‌تواند نقش مهمی در آرایه‌شناسی ماهی‌ها ایفا نماید.

واژگان کلیدی: تشخیص افتراقی، ماهیان تجاری، اتولیت، تالاب انزلی، دریای خزر



Differential detection of some commercial fish species of Anzali wetland based on their otoliths morphological characteristics

Arya Ashja Ardalan¹, Razieh Vaseghinik², Maryam Eidi^{3*}

1. Associate Professor, Department of Marine Biology, College of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. M.Sc. Department of Biology, College of Biological Sciences, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin-Pishva, Iran

3. Professor, Department of Biology, College of Biological Sciences, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin-Pishva, Iran

Received: 18-May-2022

Accepted: 12-Feb-2023

Abstract

This study was conducted to investigate the shape and morphological characteristics of otolith in some of economic fishes in Anzali wetland and the possibility of using these characteristics to identify species. In this study, Sajita otolith was extracted from 5 species of fishes and their morphological characteristics were investigated. These species belong to the families of Esocidae (*Esox lucius*), Leuciscidae (*Abramis brama*), Xenocyprinidae (*Hypophthalmichthys molitrix*), Mugilidae (*Chelon saliens*) and Percidae (*Sander lucioperca*). The species were selected and their biometric characteristics and their otoliths were recorded and extracted. Then, the shape of the otoliths was studied and the biometric characteristics of the left and right otoliths of each sample were recorded by measuring their length, width and thickness. Also, the size, elongation and thickness indices of otolith were calculated and the relationship between the parameters was investigated. The results showed that the shape of otolith among these species and even species belonging to one family were different. The highest weight, head lengths and otolith lengths were not observed in the largest sample. There was a significant positive relationship between total lengths and otolith lengths in *Chelon saliens* and *Sander lucioperca*. Also, a positive and significant relationship was observed between the weight and thickness of otolith in *Chelon saliens*. So, the morphology of otoliths can play an important role in the taxonomy of fish.

Keywords: Differential diagnosis, Commercial fish, Otolith, Caspian Sea.

۱. مقدمه

دریای خزر یک دریاچه لب شور است که در بین پنج کشور ایران، آذربایجان، ترکمنستان، قزاقستان و روسیه واقع شده است. کشور ایران از طریق استان‌های گیلان، مازندران و گلستان به دریای خزر ارتباط دارد. دریای خزر به سبب تنوع گونه‌ای منحصر به فرد، دارای ارزش بوم‌شناختی و اقتصادی است. بدون تردید، ماهیان استخوانی دریای خزر از نظر تجاری و تأمین بخش عمده‌ای از پروتئین مورد نیاز و همچنین اشتغال‌زایی، کسب درآمد و امرار معاش و زندگی قشر وسیعی از جامعه، مخصوصاً ساحل‌نشینان اهمیت به‌سزایی دارند. مهمترین بندرهای واقع در قلمرو ایران در کرانه دریای مازندران عبارتند از انزلی، نوشهر، فریدون‌کنار، ترکمن و گز (Dehghan, 2005). تالاب انزلی به‌عنوان یک کولاب ساحلی، مهمترین حوضچه آب شیرین در کرانه جنوبی دریای خزر محسوب می‌شود. این کولاب در برگیرنده طیف وسیعی از اکوسیستم‌های تالابی است و از این نظر یک مجموعه تالابی محسوب می‌شود. تالاب انزلی در جنوب غربی دریای خزر حدود ۳۰ کیلومتر طول، ۳ تا ۱۲ کیلومتر عرض و نزدیک به ۱۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. عمق متوسط تالاب انزلی حدود ۳ متر است و سالانه حدود ۱/۷ میلیارد متر مکعب آب شیرین از حوضه‌ای به وسعت ۴ هزار کیلومتر توسط ۱۱ رشته رودخانه و ریزش‌های جوی به این حوضچه وارد می‌شود.

تالاب انزلی از نظر پرندگان آبی و ماهیان شیلاتی حائز اهمیت است و یکی از بسترهای تخم‌ریزی مهم برای بسیاری از ماهیان ارزش به لحاظ شیلاتی مانند سفید، سیم، ماش، کلمه، کپور و سوف به‌شمار می‌رود (Dehghan, 2005).

در دریای خزر بیش از ۱۲۵ گونه ماهی وجود دارد که ۵ گونه از آن ماهیان خاویاری و بقیه انواع دیگر را ماهیان استخوانی دریای خزر تشکیل می‌دهند

(Ahadzadeh, 2013). از ویژگی‌های ریختی و ساختار زیستی ماهیان به‌منظور شناسایی جمعیت‌ها و گونه‌های مختلف آنها استفاده می‌شود (Baghbani, 2009). ساختارهای سخت از جمله مواردی هستند که اهمیت زیادی در رده‌بندی ماهیان دارند. ساختارهای سخت ماهیان از جمله، فلس، شعاع باله‌ای، اوپرکولوم، کلیتروم، استخوان یوروهیال و اتولیت می‌توانند به‌کامل شدن اطلاعات در مورد سن، سرعت رشد سالانه و روزانه، نرخ مرگ و میر و بازماندگی، فصل‌های تخم‌ریزی، حداکثر اندازه و رشد، مهاجرت، آرایه‌شناسی، آلودگی آب و غیره کمک کند. از بین ساختارهای سخت ماهی‌ها، استخوان یوروهیال، اتولیت و فلس اهمیت بیشتری در رده‌بندی ماهیان دارند (Baghbani, 2009).

گوش داخلی ماهیان استخوانی از لابیرنت‌های استخوانی و غشایی تشکیل شده است. لابیرنت‌های غشایی شامل سه اتاقک کم و بیش مجزا از یکدیگر به نام‌های اوتریکول^۱، ساکول^۲ و لاژنا^۳ و سه کانال یا مجرای نیم‌دایره است. مجاری و اوتریکول، قسمت فوقانی اندام و ساکول و لاژنا، قسمت تحتانی آن را تشکیل می‌دهند. ساکول از سطح شکمی به اوتریکول متصل شده است و لاژنا که به قسمت خلفی ساکول چسبیده، به‌خوبی قابل تشخیص (در مواردی غیرقابل تشخیص) است (Sattari, 2002). در هر سه بخش فوق، بسترهایی از سلول‌های نورومست^۴ وجود دارند که روی آنها سنگ‌ریزه‌های شنوایی به نام اتولیت یا سنگ گوش قرار می‌گیرند (Sattari, 2002). اتولیت‌ها ساختارهای سفید و متراکمی هستند که در شنوایی و تعادل نقش دارند (Campana and Neilson, 1985). اتولیت در ماهیان عملکردی مشابه گوش داخلی در انسان دارند (Parafkandeh Haghghi, 2008). سنگ‌ریزه‌های موجود در اتاقک‌های اوتریکول، ساکول و لاژنا را به‌ترتیب لاپیلوس^۵، ساجیتا^۶ و آستریسکوس^۷ می‌نامند (Sattari, 2002). در میان سه جفت اتولیت ماهیان

⁵ Lapillus

⁶ Sagitta

⁷ Asteriscus

¹ Utriculus

² Sacculus

³ Lagena

⁴ Neuromast cells

طول کل، طول استاندارد و طول سر ماهی ها با استفاده از تخته زیست سنجی و با دقت ۱ میلی متر اندازه گیری شد. همچنین، هر ماهی با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم وزن شدند.

۳.۲. استخراج اتولیت ها

اتولیت ها در کیسول شنوایی در حدفاصل وسط سقف دهان و محل اتصال فوقانی آبشش به سقف دهان قرار دارند. با توجه به اندازه ماهی، شکل سر و استخوان های آن، میزان استحکام استخوان ها و عمق اتولیت در استخوان، می توان روش های مختلفی برای استخراج آنها بکار برد. در این تحقیق، اتولیت ها از روش میان آبشش ها استخراج شدند. ابتدا محل تحتانی آبشش ها به زیر دهان ماهی به وسیله قیچی جدا گردید. آبشش ها قطع و برداشته شد و بافت های اطراف با استفاده از یک چاقو تمیز و اتولیت ها مشاهده شدند. اتولیت ساجیتا با کمک پنس از سر ماهی خارج شد. از هر ماهی دو سنگ گوش ساجیتای راست و چپ نمونه برداری شد. پس از شستشوی سنگ گوش پوسته غشائی روی آن جدا گردید و جهت بررسی شکل ظاهری از آن ها عکس برداری شد. به منظور تشخیص اتولیت سمت چپ از راست، می توان آن ها را با استفاده از جهت رو ستروم و آنتی رو ستروم تفکیک کرد. اگر سطح دیستال اتولیت رو به بالا باشد، رو ستروم در سمت راست قرار گرفته و نشان دهنده آن است که این اتولیت مربوط به گوش داخلی سمت راست است. سپس اتولیت های استخراج شده، شسته شدند و پس از خشک کردن در داخل میکروتیوپ نگهداری شدند و روی همه ظروف برچسب مربوط به کد ماهی و تفکیک آنها به چپ و راست قید گردید. به منظور زیست سنجی، طول، عرض و ضخامت اتولیت ها از کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ میلی متر استفاده گردید. شکل ۱ تصویر شماتیک از ابعاد اتولیت در ماهیان و قسمت های مختلف آن را نشان می دهد. پس از تعیین مشخصات زیست سنجی هر نمونه و داده های مربوط به اتولیت آنها، شاخص های اندازه، ضخامت و کشیدگی اتولیت مطابق فرمول های زیر

استخوانی، ساجیتا بزرگترین اتولیت در اکثر گونه ها به شمار می آیند و بیشترین تغییرات ریختی را در میان گونه ها دارد و اساساً در تعیین سن و اندازه، رده بندی، تفکیک ذخایر و تحقیقات دیرینه شناسی استفاده می شود (Harvey *et al.*, 2000; Khinacigül *et al.*, 2000). مشخصات ریختی اتولیت های ساجیتا در بین گونه ها متفاوت است و اغلب گونه ها را می توان به وسیله ریخت شناسی مشخص ساجیتا شناسایی کرد (Hunt, 1992; Harvey *et al.*, 2000). الگوی رشد اتولیت ساجیتا به منظور شناسایی درون گونه ای و تشخیص جمعیت های مختلف یک گونه استفاده می شود، زیرا علاوه بر فاکتورهای ژنتیکی، عوامل محیطی نیز بر رشد آن علاوه بر فاکتورهای ژنتیکی تحت تأثیر عوامل محیطی بر گونه های یکسان با استفاده از اتولیت در مطالعات اکومورفولوژی اهمیت دارند (Bermejo, 2007). با توجه به موارد فوق و اهمیت ساختار زیستی در تفکیک گونه ها، این مطالعه به منظور بررسی وجود رابطه بین شکل و برخی شاخص های زیست سنجی اتولیت با طول، وزن و گونه برخی از ماهیان تجاری آب های انزلی به اجرا درآمد.

۲. مواد و روش کار

۲.۱. نمونه برداری

به منظور مطالعه روی گونه های تجاری ماهیان آب های بندر انزلی، نمونه های مورد نظر از بازار ماهی فروشان واقع در شهر بندر انزلی تهیه شد. شناسایی گونه ها (خانواده، جنس و گونه) با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر صورت گرفت (Keivany *et al.*, 2016; Eagderi *et al.*, 2022). کل نمونه های مورد مطالعه ۲۵ قطعه ماهی شامل ۵ نمونه اردک ماهی (*Esox lucius*)، ۵ نمونه سیم (*Abramis brama*)، ۵ نمونه کفال پوزه باریک (*Chelon saliens*)، ۵ نمونه فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) و ۵ نمونه سوف (*Sander lucioperca*) بودند.

۲.۲. زیست سنجی ماهی ها

محاسبه شد:

شاخص اندازه اتولیت (OSI): برابر است با نسبت

طول اتولیت راست به طول کل ماهی.

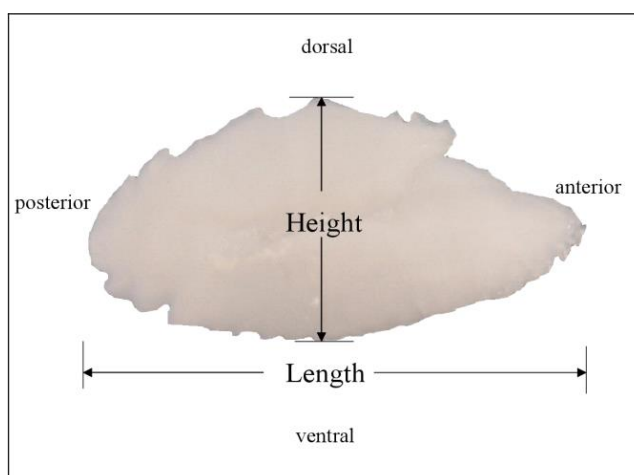
شاخص کشیدگی اتولیت (OLI): برابر است با

نسبت طول اتولیت راست به عرض اتولیت راست.

شاخص ضخامت اتولیت (OTI): برابر است با نسبت

ضخامت اتولیت راست به میانگین طول و عرض اتولیت راست.

سپس اتولیت‌ها بر اساس مقادیر جدول ۱ طبقه‌بندی شدند (Sadighzadeh, et al., 2007) (جدول ۱).



شکل ۱ - مشخصات زیست‌سنجی اتولیت در ماهیان (Munk and Smikrud, 2002).

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

دامنه	مشخصه	شاخص
$OSI \leq 0.03$	کوچک	شاخص اندازه اتولیت (OSI)
$0.03 < OSI < 0.04$	متوسط	
$OSI \geq 0.04$	بزرگ	
$OLI \leq 1/7$	کوچک	شاخص کشیدگی اتولیت (OLI)
$1/7 < OLI < 2/7$	متوسط	
$OLI \geq 2/7$	بزرگ	
$OTI \leq 0.2$	کوچک	شاخص ضخامت اتولیت (OTI)
$0.2 < OTI < 0.3$	متوسط	
$OTI \geq 0.3$	بزرگ	

صورت گرفت.

۳. نتایج

۱.۳. مطالعات ریخت‌سنجی نمونه‌های مورد مطالعه

بیشترین مقدار وزن کل، طول کل و طول سر مربوط

۴.۲. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های مربوط به ابعاد اتولیت‌ها به صورت $Mean \pm SD$

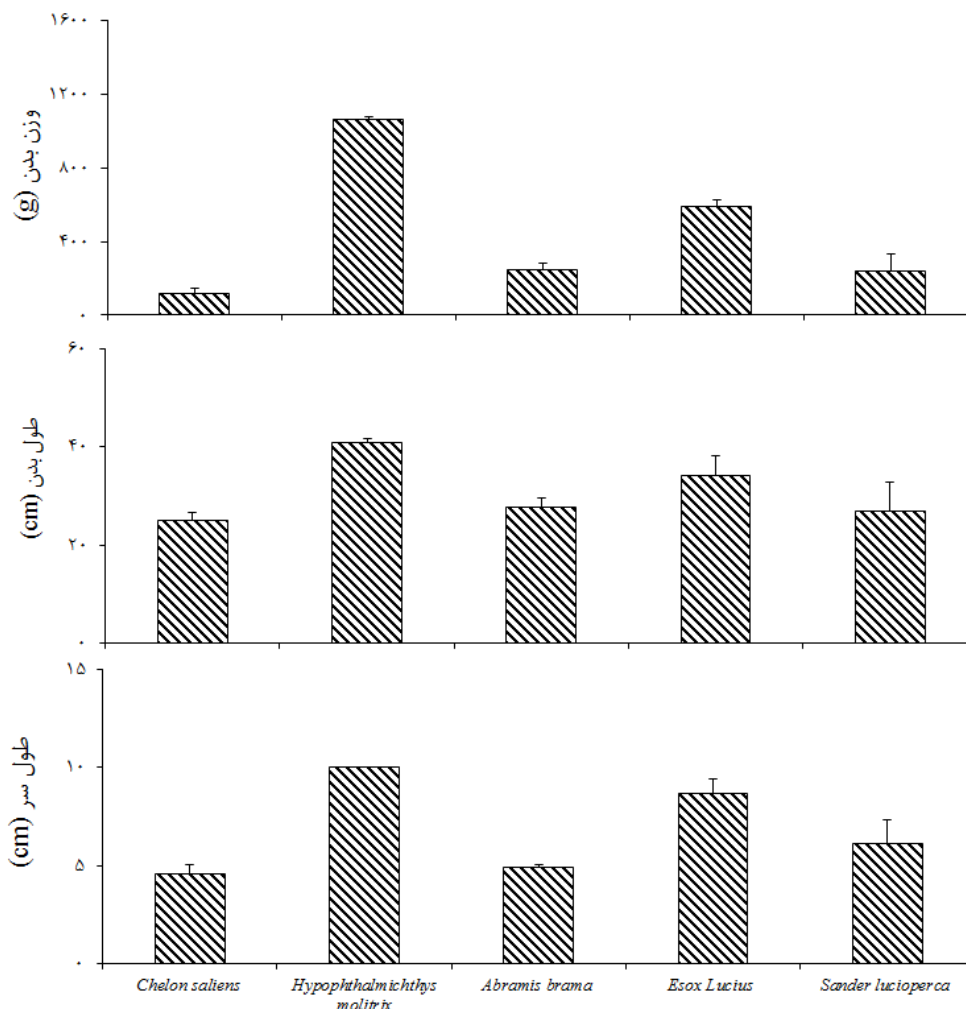
ارائه شدند. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار،

SPSS نسخه ۲۱ و روش آماری Correlation انجام شد.

رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳

میانگین‌های ۱۲۱/۴۳ گرم، ۲۴/۶۴ و ۴/۵۷ سانتی‌متر بود (شکل ۲).

به ماهی کپور نقره‌ای به ترتیب با میانگین‌های ۱۰۶۲/۵ گرم، ۴۰/۹ و ۱۰ سانتی‌متر بود. کمترین مقدار وزن کل، طول کل و طول سر مربوط به ماهی کفال به ترتیب با



شکل ۲- نمودارهای میانگین وزن کل (بالا)، طول کل (وسط) و طول سر (پایین) در نمونه ماهیان مورد مطالعه در تالاب انزلی (هر ستون Mean \pm SD را نشان می‌دهد).

ماهی سوف با میانگین ۰/۶۸۵ سانتی‌متر بود. بیشترین طول، عرض و ضخامت اتولیت چپ مربوط به ماهی کفال به ترتیب با میانگین‌های ۰/۷۷۶، ۳/۱۹ و ۱/۲۵ سانتی‌متر بود و کمترین طول و عرض اتولیت چپ مربوط به ماهی سیم به ترتیب با میانگین‌های ۲/۵۱ و ۲/۱۴ سانتی‌متر و کمترین ضخامت اتولیت چپ مربوط به ماهی سوف با میانگین ۰/۶۶ سانتی‌متر برآورد شد (شکل ۳).

بررسی شاخص‌های اندازه اتولیت (OSI)، کشیدگی

۲.۳. مطالعات زیست‌سنجی اتولیت در نمونه‌های

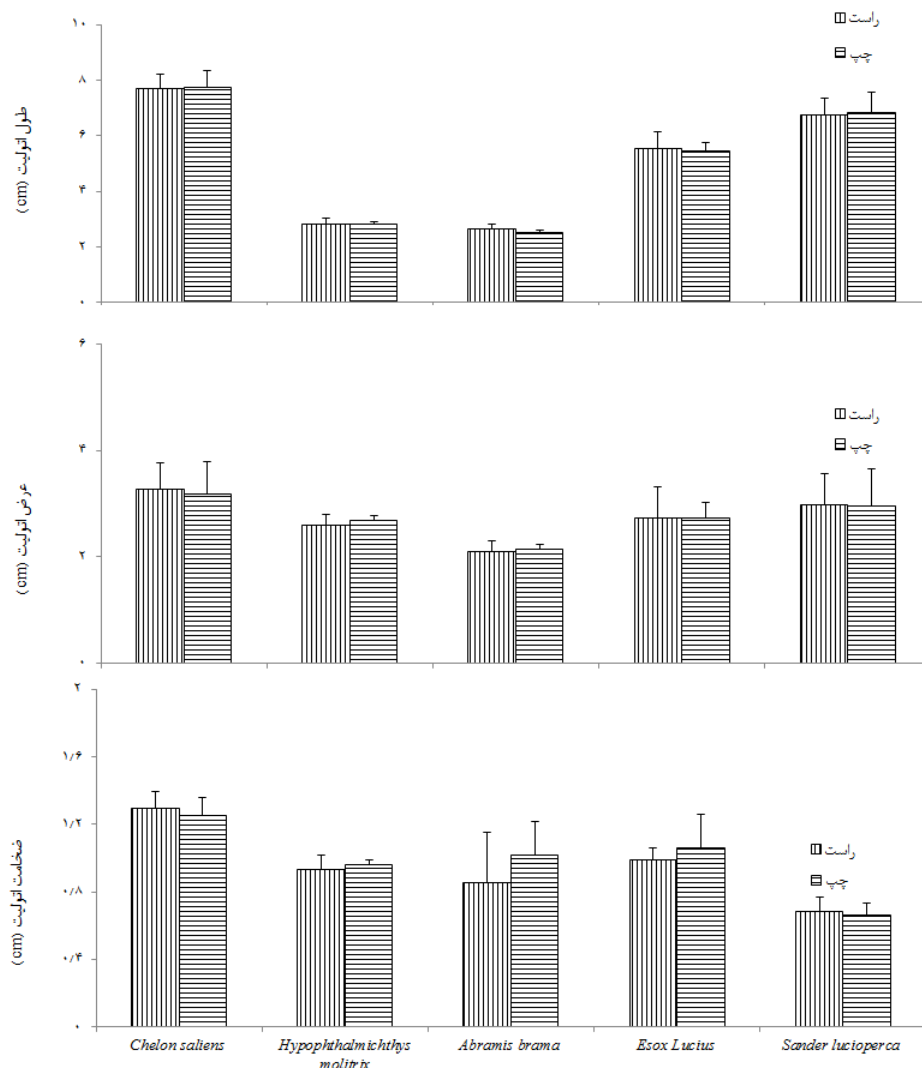
مورد مطالعه

بیشترین طول، عرض و ضخامت اتولیت راست مربوط به ماهی کفال به ترتیب با میانگین‌های ۰/۷۷، ۳/۲۶ و ۱/۲۹ سانتی‌متر بود و کمترین طول و عرض اتولیت راست مربوط به ماهی سیم به ترتیب با میانگین‌های ۲/۶۴ و ۲/۱ سانتی‌متر و کمترین ضخامت اتولیت راست مربوط به

اتولیت راست ($P < 0/05$) و چپ ($P < 0/05$) وجود دارد. همچنین، ارتباط مثبت و معنی داری بین طول بدن ماهی و طول اتولیت راست ($P < 0/05$) و چپ ($P < 0/05$) و ارتباط مثبت و معنی داری بین طول سر و طول و عرض اتولیت راست (به ترتیب $p < 0/05$ و $p < 0/01$) و طول و عرض اتولیت چپ (به ترتیب $p < 0/05$ و $p < 0/05$) مشاهده شد. همچنین، نتایج نشان داد در ماهی *Esox lucius* نیز ارتباط مثبت و معنی داری بین وزن و ضخامت اتولیت راست ($P < 0/05$) وجود دارد. در سایر گونه‌های مورد مطالعه ارتباط معنی داری مشاهده نشد ($P > 0/05$).

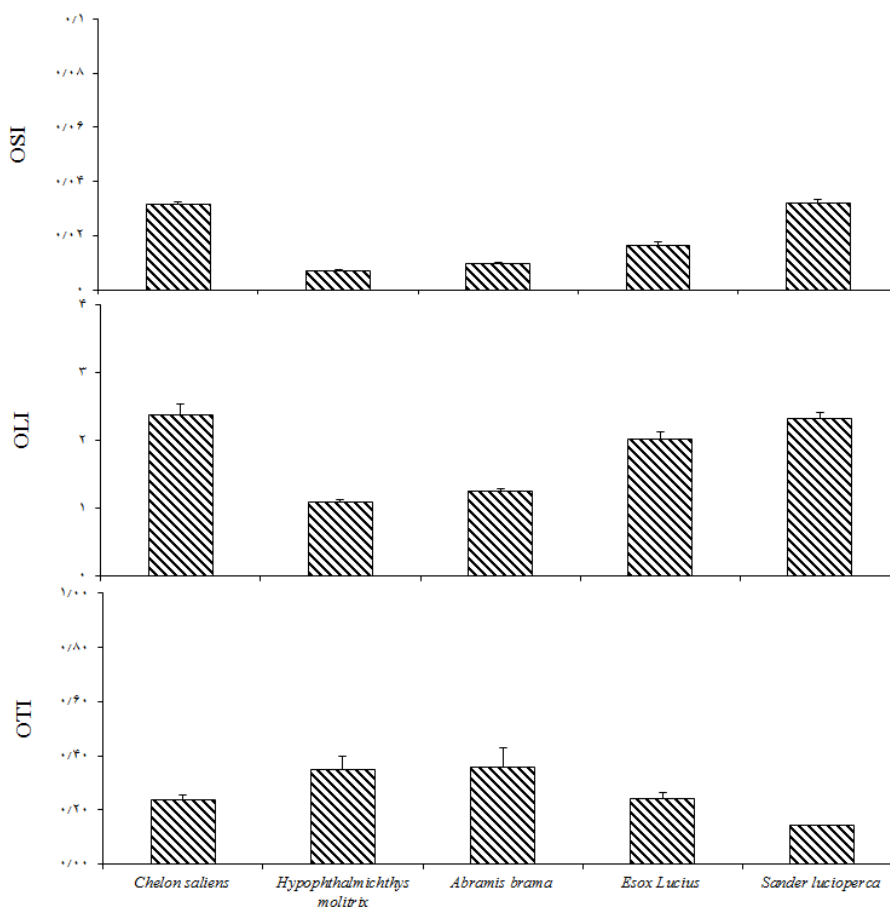
اتولیت (OLI) و ضخامت اتولیت (OTI) در نمونه‌های ماهی مورد مطالعه نشان داد بیشترین میزان میانگین OSI در ماهی کفال و سوف با میانگین $0/032$ ، بیشترین میزان OLI در ماهی کفال با میانگین $2/38$ و بیشترین میزان OTI با میانگین $0/363$ برای ماهی سیم به دست آمد. کمترین میزان میانگین OSI در ماهی فیتوفاگ با میانگین $0/007$ ، کمترین میزان OLI در ماهی فیتوفاگ با میانگین $1/09$ و کمترین میزان OTI در ماهی سوف با میانگین $0/141$ بود (شکل ۴).

تحلیل آماری داده‌ها نشان داد در ماهی *Chelon saliens* ارتباط مثبت و معنی داری بین وزن ماهی و عرض



شکل ۳- نمودار های میانگین طول (بالا)، عرض (وسط) و ضخامت (پایین) اتولیت‌های راست و چپ در ماهیان مورد مطالعه در تالاب انزلی

(هر ستون Mean \pm SD را نشان می‌دهد).



شکل ۴ - نمودارهای میانگین شاخص‌های OSI (بالا)، OLI (وسط) و OTI (پایین) اتولیت در نمونه ماهیان مورد مطالعه در تالاب انزلی. هر ستون Mean \pm SD را نشان می‌دهد.

می‌گردد. در میان گونه‌های مورد بررسی، اتولیت اردک‌ماهیان شباهتی به سایر گونه‌های مورد مطالعه ندارد و می‌توان به خوبی آن را از نظر شکل ظاهری از سایر گونه‌ها تشخیص داد (شکل ۵).

۲.۳.۳ ریخت‌شناسی اتولیت خانواده کپورماهیان

سرمنخروطی (Leuciscidae)

در این خانواده، اتولیت گونه ماهی سیم مورد بررسی قرار گرفت.

۱.۲.۳.۳ ماهی سیم (*Abramis brama* (Linnaeus, 1758)

شکل ظاهری اتولیت گرد متمایل به بیضی نامنظم،

۳.۳ ریخت‌شناسی اتولیت ساجیتای گونه‌های

مورد مطالعه

ریخت‌شناسی اتولیت ساجیتای گونه‌های مورد مطالعه

به شرح زیر است:

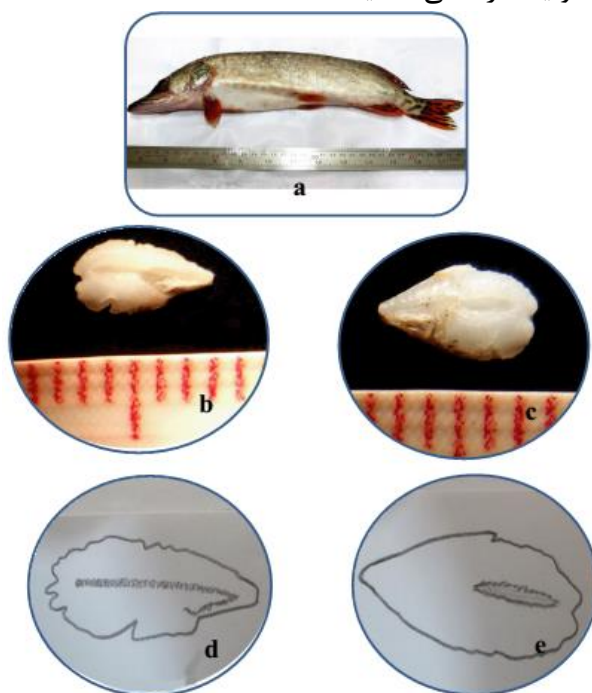
۱.۳.۳ ریخت‌شناسی اتولیت خانواده اردک‌ماهیان

(Esocidae)

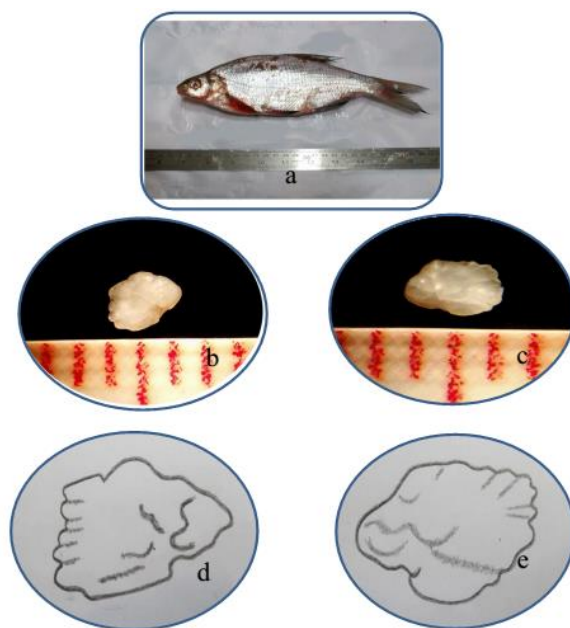
۱.۱.۳.۳ اردک ماهی *Esox locius*, Linnaeus, 1758

ساجیتا در این ماهی کشیده و تا حدودی قلبی شکل است. رنگ آن سفید گچی و در سطح خارجی دارای شیار Sulcus مشخص است که به سمت Rostrum عمیق تر

رنگ اتولیت سفید گچی و شکننده، روستروم بسیار محدود، کشیدگی اتولیت کمتر از اتولیت در ماهی سفید است (شکل ۶).



شکل ۵- تصاویر a: گونه *Esox lucius*; b: تصویر اتولیت سمت راست توسط لوپ (بزرگنمایی $\times 30$); c: تصویر اتولیت سمت چپ توسط لوپ (بزرگنمایی $\times 30$); d: نمای شماتیک اتولیت سمت راست که در آن sulcus به صورت نقطه چین نشان داده شده است; e: نمای شماتیک اتولیت سمت چپ که در آن sulcus به صورت نقطه چین نشان داده شده است.



شکل ۶ - تصاویر a: گونه *Abramis brama*; b: تصویر اتولیت سمت راست توسط لوپ (بزرگنمایی $\times 30$); c: تصویر اتولیت سمت چپ توسط لوپ (بزرگنمایی $\times 30$); d: نمای شماتیک اتولیت سمت راست که در آن sulcus به صورت نقطه چین نشان داده شده است; e: نمای شماتیک اتولیت سمت چپ که در آن sulcus به صورت نقطه چین نشان داده شده است.

۴: نمای شماتیک اتولیت سمت چپ که در آن sulcus به صورت نقطه چین نشان داده شده است.

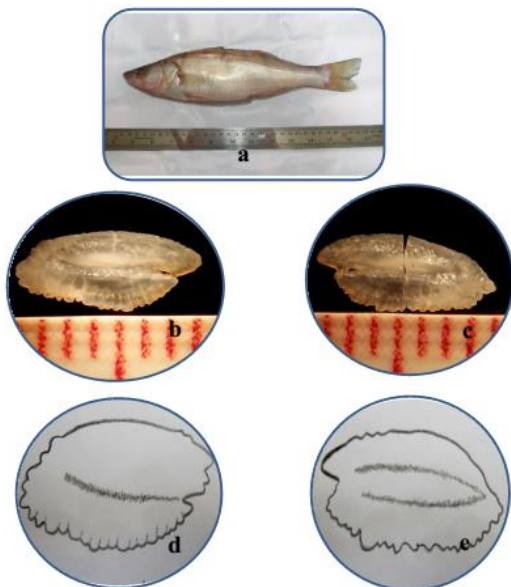
۴.۳.۳ ریخت شناسی اتولیت خانواده‌ی سوف ماهیان

(Percidae)

۱.۴.۳.۳ ماهی سوف

Sander lucioperca (Linnaeus, 1758)

شکل ظاهری اتولیت بیضی، لبه شکمی (Ventral) دارای چین خوردگی‌های (هلال) ریز و متعدد و لبه پشتی (Dorsal) صاف است. روستروم به خوبی مشخص است. شیار Sulcus در طول اتولیت قابل تشخیص است (شکل ۸).



شکل ۸ - تصاویر a: گونه *Sander lucioperca*; b: تصویر اتولیت سمت راست توسط لوپ (بزرگنمایی $\times 30$); c: تصویر اتولیت سمت چپ توسط لوپ (بزرگنمایی $\times 30$); d: نمای شماتیک اتولیت سمت راست که در آن sulcus به صورت نقطه چین نشان داده شده است; e: نمای شماتیک اتولیت سمت چپ که در آن sulcus به صورت نقطه چین نشان داده شده است.

شکل ظاهری اتولیت در ماهی کفال بیضی با حاشیه نامنظم بود. شیار Sulcus تا حدودی در سطح خارجی مشاهده می‌گردد. روستروم قابل تشخیص است. رنگ اتولیت سفید گچی و اتولیت چپ به طور مشخصی بزرگتر

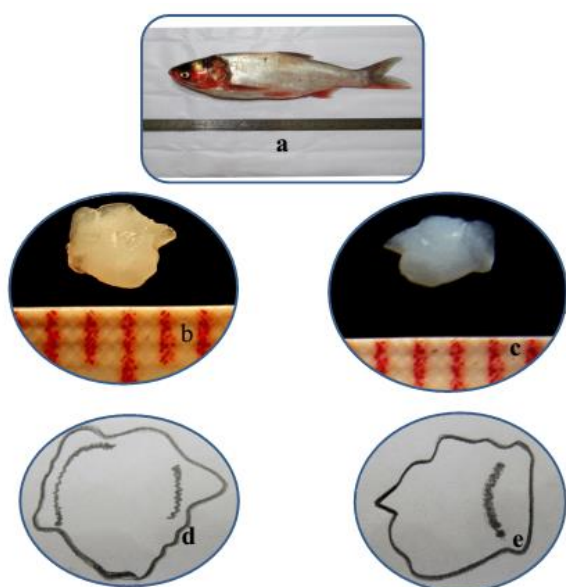
۳.۳.۳ ریخت شناسی اتولیت خانواده کپورماهیان

شرق آسیا (Xenocyprinidae)

۱.۳.۳.۳ ماهی فیتوفاگ

Hypophthalmichthys molitrix (valenciennes, 1844)

شکل ظاهری اتولیت تقریباً چهار گوش، روستروم به خوبی مشخص است و به صورت زائده‌ای نوک تیز از سطح خارجی اتولیت نمایان است و رنگ اتولیت سفید یخی است (شکل ۷).



شکل ۷ - تصاویر a: گونه *Hypophthalmichthys molitrix*; b: تصویر اتولیت سمت راست توسط لوپ (بزرگنمایی $\times 30$); c: تصویر اتولیت سمت چپ توسط لوپ (بزرگنمایی $\times 30$); d: نمای شماتیک اتولیت سمت راست که در آن sulcus به صورت نقطه چین نشان داده شده است; e: نمای شماتیک اتولیت سمت چپ که در آن sulcus به صورت نقطه چین نشان داده شده است.

۵.۳.۳ ریخت شناسی اتولیت خانواده‌ی کفال ماهیان

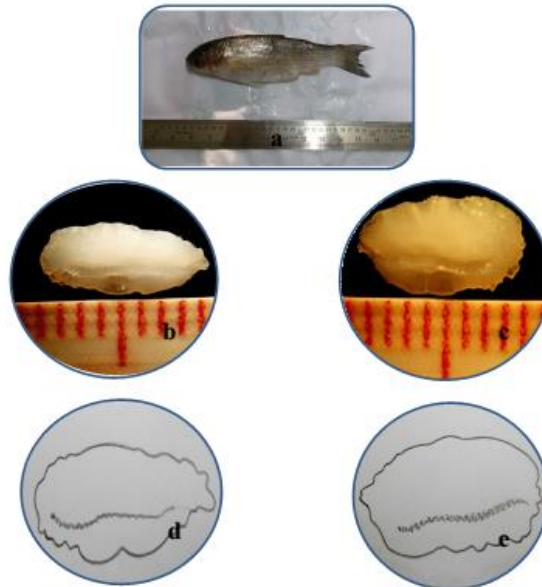
(Mugilidae)

۱.۵.۳.۳ ماهی کفال پوزه باریک

Chelon saliens (Risso, 1810)

یک خانواده مشابه نیست و مخصوصاً در خانواده کپورماهیان شرق آسیا و کپورماهیان سرمخروطی تنوع زیادی دارد (جدول ۲).

از اتولیت راست است (شکل ۹).
نتایج نشان داد شکل اتولیت در نمونه‌های مربوط به



شکل ۹ - تصاویر a: گونه *Chelon saliens*; b: تصویر اتولیت سمت راست توسط لوپ (بزرگنمایی $\times 30$); c: تصویر اتولیت سمت چپ توسط لوپ (بزرگنمایی $\times 30$); d: نمای شماتیک اتولیت سمت راست که در آن sulcus به صورت نقطه چین نشان داده شده است; e: نمای شماتیک اتولیت سمت چپ که در آن sulcus به صورت نقطه چین نشان داده شده است.

جدول ۲ - رنگ و شکل اتولیت در نمونه‌های مورد مطالعه در تالاب انزلی.

خانواده	نام علمی	رنگ اتولیت	شکل ظاهری اتولیت
کفال ماهیان	<i>Chelon saliens</i>	سفید گچی	بیضی شکل
کپورماهیان سرمخروطی	<i>Abramis brama</i>	سفید گچی	گرد متمایل به بیضی نامنظم، شکننده
کپورماهیان شرق آسیا	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	سفید یخی	چهارگوش
اردک ماهیان	<i>Esox lucius</i>	سفید گچی	قلبی شکل
سوف ماهیان	<i>Sander lucioperca</i>	سفید یخی	بیضی شکل

به طور گسترده‌ای مطالعه شده است. علاوه بر آن، اتولیت نیز همانند استخوان یوروهیال در گروه‌های مختلف ماهیان دارای تنوع ریختی است (Esmaeili et al., 2008). با توجه به تفاوت‌های ریختی اتولیت ماهیان، از این ساختار می‌توان اطلاعات گسترده‌ای به‌ویژه در مطالعات دیرینه‌شناسی به‌دست آورد (Baghbani, 2009). اتولیت‌ها شکل مشخص و معینی دارند که خاص گونه است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری نهایی

اتولیت از جمله ساختارهای سخت در ماهیان است که توسط Bermejo (۲۰۰۷) در جنبه‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. استخراج و تعیین ترکیب عناصر شیمیایی موجود در این ساختار توسط Yoshinaga و همکاران (۱۹۹۹) انجام گرفت. با توجه به اهمیت این عناصر شیمیایی در مطالعات بوم‌شناختی ماهیان، اتولیت

می‌رسد در این گونه ماهی هر چه طول بدن افزایش می‌یابد، طول اتولیت نیز زیاد شده و با افزایش وزن ماهی ضخامت اتولیت افزایش می‌یابد.

در گونه اردک ماهی نیز ارتباط مثبت و معنی داری بین وزن و ضخامت اتولیت را ست مشاهده شد، ولی در سایر گونه‌های مورد مطالعه ارتباط معنی داری مشاهده نشد.

از طرف دیگر، شکل اتولیت در گونه‌های مختلف متفاوت بود و در ماهی کفال، ماهی سیم، کپور نقره‌ای، اردک ماهی و سوف به ترتیب بیضی شکل، گرد متمایل به بیضی، چهارگوش، قلبی شکل و بیضی شکل بودند. همچنین، شکل اتولیت در ماهی‌های کپور نقره‌ای و سیم که متعلق به خانواده کپورماهیان شرق آسیا و کپورماهیان سرمخروطی هستند، نیز متفاوت است.

تحقیق مشابه با مطالعه حاضر کمتر مورد بررسی قرار گرفته و در اکثر مطالعات تأثیر عوامل محیطی مانند مدت زمان رشد، دما و عمق آب (سطح‌زی یا کف‌زی) مورد بررسی قرار گرفته است. چندین مطالعه نشان داده‌اند که نسبت اندازه اتولیت و رشد ماهی تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله دما قرار می‌گیرد. مثلاً ماهیانی که مدت زمان رشد آنها کندتر است، اتولیت بزرگتری دارند (Strelcheck *et al.*, 2003).

Merji و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که پارامترهای اتولیت‌ها بین جنس نر و ماده در دو گونه تفاوت معنی داری دارد. به عبارت دیگر یک دوشکلی جنسی وجود دارد.

Sadighzadeh و همکاران (۲۰۰۷) ریخت‌شناسی اتولیت در برخی از ماهیان اقتصادی سطح‌زی خلیج فارس را به منظور بررسی شکل و خصوصیات ریخت‌شناسی اتولیت و امکان استفاده از این خصوصیات برای شناسایی گونه‌ها مورد بررسی قرار دادند. این گونه‌ها، متعلق به خانواده‌های تون‌ماهیان شامل ماهی شیر^۱، قباد^۲ و هور^۳، شگ‌ماهیان شامل ساردین سند^۴ و ساردین رنگین‌کمان^۵

بنابراین، ماهی‌شناسان و تاکسونومیست‌ها از شکل و اندازه اتولیت برای شناسایی گونه‌ها و سرعت رشد ماهیان استفاده می‌کنند (Campana and Neilson, 1985; Campana, 2004).

تحقیقات محققین نشان داده است که شکل، اندازه و ساختار سنگریزه‌های شنوایی در گونه‌های مختلف ماهیان دارای تنوع است (Abdali *et al.*, 2007).

اتولیت ساجیتا به دلیل اندازه بزرگ‌تر و مشخص بودن تفاوت‌های ظاهری آن معمولاً برای رده‌بندی ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد. تفاوت‌های ظاهری ساجیتا علاوه بر اینکه به عنوان راهی برای رده‌بندی ماهیان بکار می‌رود، می‌تواند در تشخیص نوع زندگی آنها اعم از وضعیت (سطح‌زی یا بسترزی بودن) نیز کاربرد داشته باشد (Jawad, 2007).

مشخصات ظاهری اتولیت در گونه‌های مختلف شامل وضعیت دندان‌ها در سطح شکمی و پشتی، موقعیت شیار سولکوس، طول، عرض و ضخامت ساجیتا، اندازه روستروم و آنتی روستروم می‌باشد. جمع‌آوری اتولیت در گونه‌های مختلف ماهی و تهیه اطلس ماهی‌ها بر اساس شکل اتولیت پایه مطالعات ماهی‌شناسی می‌باشد (Campana, 2004).

در پژوهش حاضر، ۵ گونه از ماهیان اقتصادی آب‌های تالاب انزلی از خانواده‌های اردک‌ماهیان، کپورماهیان شرق آسیا، کپور ماهیان سرمخروطی، کفال ماهیان و سوف‌ماهیان مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج در نمونه‌های جمع‌آوری شده نشان داد که بزرگترین اتولیت (از نظر طول، عرض و ضخامت) در بزرگترین ماهی (گونه‌های مورد مطالعه) از نظر طول بدن، وزن و طول سر وجود نداشت. از طرف دیگر، در ماهی کفال پوزه باریک (C. *saliens*) رابطه مثبت و معنی داری بین طول بدن و طول اتولیت را ست و رابطه مثبت و معنی داری بین وزن بدن و عرض اتولیت و نیز ارتباط مثبت و معنی داری بین طول سر و طول و عرض اتولیت مشاهده شد. به عبارتی به نظر

⁴ *Sardinella sardinensis*

⁵ *Dussumieria acuta*

¹ *Scomberomorus commerson*

² *S. guttatus*

³ *Thunnus tonggol*

ریخت سنجی اتولیت های ساجیتا در ۱۰ گونه (*Dussumieria acuta* *Anodontostoma chacunda* *Ilisha megaloptera* *Dussumieria elopsoides* *Nematolosa nasus* *Ilisha melastoma* *Sardinella longiceps* *Sardinella gibbosa* از *Tenualosa ilisha* و *Sardinella sindensis*) شگ ماهیان خلیج فارس و دریای عمان پرداختند. مقایسه پارامترهای ریخت‌سنجی اتولیت ساجیتا (طول، عرض، وزن، محیط، مساحت و تعداد دندانها) در تمامی گونه‌ها انجام شد. بین اتولیت ساجیتا گوش راست و چپ از لحاظ اندازه و خصوصیات ریختی در تمامی گونه‌ها اختلاف معنی داری وجود ندارد، جز دو گونه *A. chacunda* و گونه *N. nasus* که طول اتولیت راست و چپ اختلاف معنی داری را نشان می‌دهد. در تحقیق حاضر اختلاف معنی داری بین اندازه اتولیت راست و چپ در نمونه‌های مورد مطالعه مشاهده نشد.

بررسی شاخص‌های ریخت‌سنجی اتولیت نشان داد که محیط اتولیت و تعداد دندانها، شاخص مناسبی جهت تعیین تغییرات بین گونه‌ای می‌باشد. همچنین، اتولیت‌های ساجیتا دارای صفات ریختی ویژه‌ای است که در شناسایی این گونه‌ها مفید هستند.

در پژوهش Baghbani (۲۰۰۹) روی شماری از ماهیان آب‌های داخلی ایران، ۶ ریخت متفاوت برای اتولیت شامل اشکال گرد، دستگیره‌ای بلند، دستگیره‌ای کوتاه، دوکی شکل، تخم‌مرغی، مربعی و کشیده گزارش شد. در این مطالعه شکل اتولیت در اردک ماهی به شکل دستگیره‌ای بلند، خانواده کپورماهیان به شکل تقریباً دایره‌ای، در خانواده سوف ماهیان در گونه‌های مختلف اشکال مربعی، کشیده و دوکی شکل دیده شد و ماهی کفال با اتولیت ساجیتای کشیده معرفی شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارد.

و از موتوماهیان، موتوی منقوط^۱ بود. در این مطالعه، گونه‌ها انتخاب و ویژگی‌های زیست‌سنجی آنها ثبت و اتولیت‌های آنها استخراج گردید. در مرحله بعد شکل اتولیت‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. سپس خصوصیات زیست‌سنجی اتولیت‌های چپ و راست هر نمونه با اندازه‌گیری طول، عرض، ضخامت و وزن ثبت گردید. در این بررسی، ضخامت، کشیدگی و اندازه اتولیت به‌عنوان شاخص‌های مقایسه اتولیت‌ها تعیین گردید. نتایج این بررسی نشان داد اتولیت ماهیان سطح‌زی در مقایسه با ماهیان کف‌زی، کوچک بوده و در خصوص تون ماهیان ظریف و شکننده است. اتولیت ماهیان سطح‌زی درشت از خانواده تون‌ماهیان شامل ماهی شیر، قباد و هوور، کوچک، کشیده و دارای ضخامت کم می‌باشند. همچنین، نتایج این مطالعه نشان داد اتولیت ماهیان سطح‌زی ریز شامل ساردین‌سند، ساردین رنگین‌کمان و موتو، کوچک و دارای ضخامت و کشیدگی متوسط است. نتایج این بررسی نشان داد که اتولیت‌های گونه‌های مربوط به یک خانواده از ماهیان مورد مطالعه با وجود داشتن شباهت‌های ظاهری فراوان، دارای تفاوت‌های قابل تشخیص، جهت تفکیک از یکدیگر هستند که همسو با نتایج تحقیق حاضر است.

Kumar و همکاران (۲۰۱۲) براساس نتایج بررسی ۱۲ گونه از ماهیان خانواده Sciaenids گزارش کردند که طول، عرض و وزن اتولیت در این ماهیان به میزان زیادی تابعی از طول و وزن ماهی است که در ماهی‌های *Chelon saliens* و *Esox lucius* با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

در توافق با تحقیق حاضر، نتایج تحقیقات دیگر نیز نشان می‌دهند که بین ابعاد اتولیت چپ و راست اختلاف معنی داری وجود ندارد و از لحاظ ریخت‌شناسی نیز تفاوت چندانی ندارند (Cabral-Solís et al., 2010; Amini Charmhini et al., 2012).

Homauni و همکاران (۲۰۱۱) به مقایسه خصوصیات

¹ *Encrasicholina punctifer*

۵. نتیجه گیری نهایی

قرار گیرد.

ساختار اتولیت در مطالعات رده بندی ماهیان ارزشمند و مهم است. استخراج اتولیت راست و چپ نمونه های مورد مطالعه می تواند به عنوان کلید شناسایی برای هر یک از گونه های مورد مطالعه در تحقیقات آتی مورد استفاده

۶. تشکر و قدردانی

نتایج این تحقیق مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد بیوسیستماتیک واحد ورامین - پیشوا است.

۷. منابع

References

- Abdali, S., Vosoughi, Gh., Rezvani, S., 2007. Morphologic and meristic specification of some genus of Carangidae family in the Persian Gulf, Iran. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 15(4), 1-10.
- Ahadzadeh, S., 2013. Investigation of age and growth characteristics of *Clupeonella cultriventris* in the southern area of the Caspian Sea. M. Sc. thesis. Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, Tehran North Branch. 7 p. (In Persian)
- Amini charmhini, M., Rezaei, M.E. Niko, S., 2012. Using otolith dimensions and weight to quickly and inexpensively predict age in tigertooth croaker, (*Otolithes ruber*). *Aquaculture Exploitation and Breeding Journal* 1(4), 1-12. (In Persian)
- Bermejo, S., 2007. Fish age classification based on length, weight, sex and otolith morphological features. *Fisheries Research* 84(2), 270-274.
- Baghbani, S., 2009. Morphology of urohial bone, otolith and scale and their importance in classifying a number of fishes in Iran. M. Sc. thesis of Animal Science, Faculty of Basic Science, Shiraz University. 7 p. (In Persian)
- Cabral-Solís, E.G., Gallardo-Cabello, M., Espino-Barr, E., Ibáñez-Aguirre, A.L., 2010. Reproduction of *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) from the Cuyutlan lagoon, in the Pacific coast of México. *Advances en Investigación Agropecuaria* 14(3), 19-32.
- Campana, S.E., Neilson, J.D., 1985. Micro-structure of fish otoliths. *Canadian of Fisheries and Aquatic Science* 42(5), 1014-1032.
- Campana, S.E., 2004. Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean. Ottawa: NRC Research Press. pp. 1-284.
- Dehghan, F., 2005. Caspian Sea and National Security. Publications of Bashir Elm va Adab Cultural and Artistic Institute. Pp, 50 (In Persian)
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Esmaeli, H.R., Sayyadzadeh, G., Nasri, M. 2022. Freshwater lamprey and fishes of Iran; a revised and updated annotated checklist-2022. *Turkish Journal of Zoology* 46(6), 500-522.
- Harvey, T.J., Loughlin R.T., Perez A.M., Oxman, D., 2000. Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the Eastern North Pacific Ocean. *NOAA Technical report NMFS* 150, 1-36.
- Homauni, H., Valinassab, T., Seifabadi, S.J., 2011. Comparison of morphometric characteristics of otolith for ten Clupeid species of the Persian Gulf. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 20(2), 141-152. (In Persian)
- Hunt, J.J., 1992. Morphological characteristics of otoliths for selected fish in the Northwest Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Sciences* 13, 63-75.
- Jawad, I.A., 2007. Comparative morphology of the otolith of the triplefins (family: Tripterygiidae). *Journal of Natural History* 41(13-14), 901-924.

- Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K., Abdoli, A., 2016. Atlas of inland water fishes of Iran. Press, Jahad Daneshgahi, Kharazmi Branch.
- Khinacigül, H.T., Akyol, O., Metin, G., Saygi, H., 2000. A systematic study on the otolith characters of Sparidae (Pisces) in the Bay of Izmir (Aegean Sea). *Turkish Journal Zoology* 24(4), 357-364.
- Kumar, P., Chakraborty, S.K., Jaiswar, A.K., 2012. Comparative otolith morphology of Sciaenids occurring along the north-west coast of India. *Indian Journal of Fisheries* 59(4), 19-27.
- Mejri, M., Bakkari, W., Allagui, F., Rebaya, M., Jmil, I., Mili, S., Basyouny Shahin, A.A., Jean-Pierre Quignard, J.P., Trabelsi, M., Faleh, A.B., 2022. Interspecific and intersexual variability of the sagitta otolith shape between *Liza aurata* and *Chelon ramada* (Mugiliformes: Mugilidae) inhabiting the Boughrara lagoon, Tunisia. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences* 38(2), 1357-1369.
- Munk, K., Smikrud, K., 2002. Relationships of otolith size and otolith ages for yellow eye (*Sebastes ruberrimus*) and quillback (*S. maliger*) rockfishes. Regional Information Report. No. 5J02-05. Alaska Department of Fish and Game, Division of Commercial Fisheries. 50 p.
- Parafkandeh Haghghi, F., 2008. Age determination in aquatic animals. Fisheries Research Organization Publications, Tehran, pp. 139. (In Persian)
- Sadighzadeh, Z., Vosoughi, G.H., Valinasab, T., Fatemi, M.R., 2007. Introduction to study of morphologic characters of otoliths of some economic pelagic fishes of Persian Gulf. *Journal of Veterinary Medicine* 1(3), 1-10. (In Persian)
- Sattari, M., 2002. Fish Biology, anatomy, and physiology. Naghshe Mehr Publications, Tehran. 659 p. (In Persian)
- Strelcheck, A.J., Fitzhugh, G.R., Coleman, F.C., Koenig, C.C., 2003. Otolith-fish size relationship in juvenile gag (*Mycteroperca microlepis*) of the eastern Gulf of Mexico: a comparison of growth rates between laboratory and field populations. *Fisheries Research* 60(2-3), 255-265.
- Yoshinaga, J., Morita, M., Edmonds, J.S., 1999. Determination of copper, size, cadmium and lead in a fish otolith certified reference material by isotope dilution inductively coupled plasma mass spectrometry using off-line solvent extraction. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 14(10), 1545-1659.

