دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی"
دوره هفتم، شماره چهارم، زمستان ۹۸
http://jair.gonbad.ac.ir

تجزیه و تحلیل شکل اتولیت ساجیتا ابزاری برای تشخیص احتمالی ساختار جمعیتی ماهی سفید *Rutilus kutum* (Kamenskii, 1901) در سواحل جنوبی دریای خزر

فاطمه عباسی[۱]، رسول قربانی*[۲]، عبدالرسول سلمان ماهینی[۳]، سیده ساناز رمضان‌پور[۴]، کلایو ان. ترومن[۵]، اندر وال. جکسون[۶]

[۱] دانشجوی دکتری شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۲] دانشیار، گروه تولید و بهره برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۳] استاد، گروه ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۴] دانشیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۵] عضو هیات علمی، دانشگاه ساوتهمپتون، ساوتهمپتون، انگلستان
[۶] عضو هیات علمی، دانشگاه ترینیتی دوبلین، دوبلین، ایرلند جنوبی

تاریخ ارسال: ۹۸/۵/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۰۴

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی شکل و ویژگی‌های ریخت‌شناسی اتولیت‌های ماهی سفید (*R. kutum*) سواحل جنوبی دریای خزر انجام شد. علی‌رغم اهمیت بالای این گونه، اطلاعات زیادی در خصوص ترسیم ذخیره با اهداف مدیریت و حفاظت از این ماهیان با ارزش وجود ندارد. تعداد ۱۵۳ قطعه ماهی سفید از تورهای تعاونی پره ماهیان استخوانی مستقر در سواحل جنوبی دریای خزر در دوره زمانی ۹۶-۱۳۹۵ از ۱۰ ایستگاه شامل: آستارا، بندر انزلی، رودسر، تنکابن، نوشهر، بابلسر، ساری، میانکاله (محدوده استان گلستان)، خواجه نفس (دهانه گرگانرود) و گمیشان جمع‌آوری شد. شاخص‌های شکل اتولیت با آنالیزهای آماری تک متغیره و چندمتغیره بررسی شد. در آنالیز شکل اتولیت، در برخی مناطق مختلف اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. ماهیان نمونه‌برداری شده دارای نرخ بازطبقه‌بندی حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد در ایستگاه‌های نمونه‌برداری بودند که نشان از وجود یک جمعیت تنها ندارد. به‌هرحال، با استفاده از آنالیز افتراقی و نیز MANOVA/CVA احتمال وجود ۴ گروه فضایی مجزا شامل: گروه اول با نمونه‌هایی از گمیشان؛ گروه دوم خواجه نفس – میانکاله- ساری-

*نویسنده مسئول: rasulghorbani@gmail.com

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

بابلسر، گروه سوم نوشهر – تنکابن- رودسر؛ گروه چهارم انزلی – آستارا؛ وجود دارد. به‌طورکلی داده‌ها ساختار جمعیتی پویایی مکانی پیچیده ماهی سفید را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: *R. kutum* ، مورفومتری اتولیت، ، پراکنش، بخش جنوبی دریای خزر

مقدمه

تحقیق در مورد تاریخچه زندگی اولیه ماهیان برای درک پویایی جمعیت بسیار مهم (Bergenius *et al.*, 2005) و ارزیابی‌های قابل اعتماد از سن و رشد برای ارزیابی موفقیت بقا و نرخ بازگشت مورد نیاز است (Campana and Thorrold, 2001; Jones, 2002; Bergenius *et al.*, 2005). شناسایی دقیق ذخایر و ساختار جمعیت آنها برای مدیریت پایدار شیلات بسیار اساسی است. زیرا عدم موفقیت دراین مورد ممکن‌است منجر به فرضیات نادرست و خطرات غیر منتظره برداشت بیش از حد شود (Hutchinson, 2008).

برای متخصصین شیلات، اتولیت‌ها یکی از ابزارهای عمده بررسی و درک زندگی ماهیان و مطالعه جمعیت آنها از روی حلقه‌های رشد روزانه و سالانه آنهاست (Campana and Neilson, 1985). اتولیت‌ها معمولاً اولین ساختار کلسیفه شده در لارو ماهیان هستند و در برخی گونه‌ها این سه جفت سنگریزه شنوایی (ساجیتا، لاپیلوس و آستریکوس) قبل از چشم‌زدن قابل مشاهده می‌باشند (Brothers, 1984). اتولیت ماهیان فاقد ساختار سلولی و فعالیت متابولیکی است که در معرض انحلال یا هضم قرار نمی‌گیرند. به‌طور عمده از کربنات کلسیم (۹۷٪~) در یک ماتریس آلی غیر کلاژنی تشکیل شده است که منعکس‌کننده محیط‌های آبی است که ماهی در طول زندگی خود تجربه کرده است (Kerr and Campana, 2014). بنابراین به ابزاری قدرتمند برای مطالعه مراحل اولیه زندگی ماهیان تبدیل شده‌اند (Starrs *et al.*, 2016). اتولیت‌ها با تنوع مورفولوژیکی بالا بین گونه‌ها مشخص می‌شوند (Panfili *et al.*, 2002). با این‌حال، تحت تأثیر شرایط محیطی قرار گرفته و از نظر شکلی دارای تفاوت‌های بین و درون گونه‌ای هستند (Panfili *et al.*, 2002; Vignon and Morat, 2010). از آنجا که شکل و خصوصیات ساختاری اتولیت به ویژگی‌های زیستگاهی (دمای آب، جریان، شوری و دسترسی به مواد غذایی) یا تنش‌های محیطی (Berghahn, 2001; Haworth and Bestgen, 2016) و همچنین وقایع مهم دوره‌های زندگی مانند چشم‌زدن، اولین تغذیه خارجی، دگردیسی از مرحله لاروی به نوجوانی (Neuman *et al.*, 2001; Morat *et al.*, 2018) مربوط می‌شود، از اهمیت زیادی برخوردار هستند. مطالعه خصوصیات مورفولوژیکی اتولیت ابزاری کارآمد برای شناسایی ذخایر ماهیان شناخته شده است (Ferguson *et al.*, 2011; Jemaa *et al.*, 2015). چون ساجیتا بزرگ-ترین سنگریزه شنوایی در اکثر ماهیان و فسیل یافت‌شده در بیشتر رسوبات زمین‌شناسی است، در

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

مطالعات طبقه‌بندی، تبارزایی و شیلاتی به‌طور گسترده استفاده می‌شود (Teschner and Reichenbacher, 2017; Teimori *et al.*, 2012).

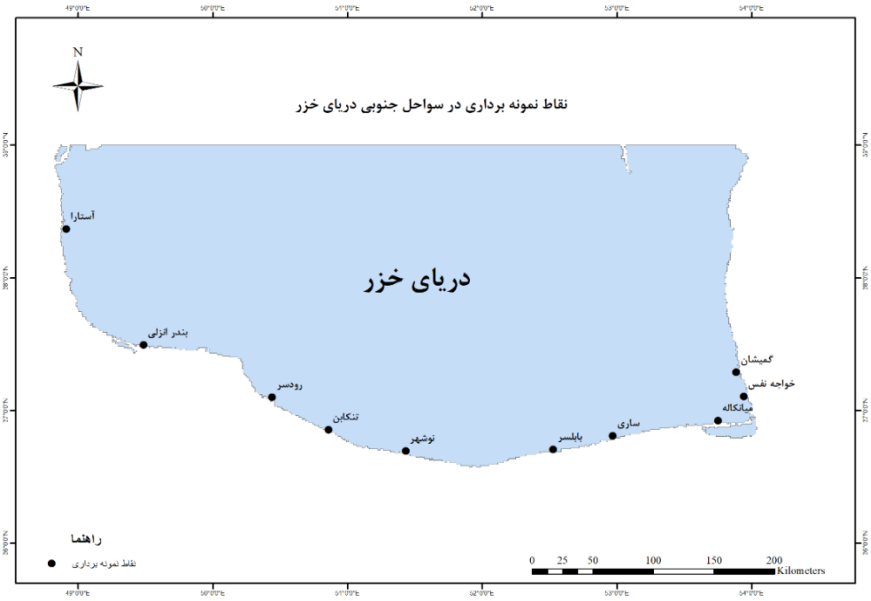
ماهی سفید با نام علمی *Rutilus kutum* از خانواده کپورماهیان است (Salmonov *et al.*, 2013). پراکنش اصلی این گونه آب‌های جنوبی دریای خزر بوده و در قسمت شمالی دریای خزر و به‌ویژه ولگا و اورال به‌ندرت دیده می‌شود (Shariati, 1992). این گونه ارزش اکولوژیکی بالایی برای اکوسیستم دریای خزر و هم‌چنین ارزش ژنی مطلوب جهت حفظ ژنتیک درون جمعیت را دارا است (Azari-Takami and Razavi-Sayad, 1990). در سواحل ایران تجمع و پراکندگی این گونه به شرایط فیزیکی از قبیل دما، جریانات دریایی و مواد غذایی بستگی دارد. علت وابستگی اکولوژیک این ماهی به سواحل وجود رودخانه‌ها و تالاب‌هایی است که جهت تخم‌ریزی و زاد و ولد این ماهی بسیار مناسب است (Razavi-Sayad, 1990). از مطالعات انجام شده روی ریخت‌شناسی اتولیت ماهیان می‌توان به تحقیقات اتولیت ساجیتا ۶ گونه از ماهیان اقتصادی سطح‌زی خلیج فارس صدیق‌زاده و همکاران (Sedighzadeh *et al*., 2008) اشاره کرد. مقایسه تفاوت‌های ریختی اتولیت ۱۰ گونه از گیش‌ماهیان دریای عمان توسط منصورکیابی و همکاران (Mansour-kiabi *et al*., 2011) انجام پذیرفت. ریخت‌شناسی سنگریزه شنوایی ساجیتا در ماهی کفال طلایی *Liza aurata* در زیستگاه‌های ساحلی حوضه جنوبی دریای خزر مورد مطالعه قرار گرفت (Bamshad *et al*., 2016). از دیگر مطالعات انجام شده روی اتولیت در خارج از کشور می‌توان به بررسی ۱۷ گونه از گیش‌ماهیان در سواحل آرژانتین (Volpedo and Echeverría, 2003)، چهار گونه از شوریده ماهیان (Waessle *et al.*, 2003)، آنالیز شکل اتولیت به‌عنوان ابزاری جهت مطالعه ساختار جمعیت گونه *Spondyliosoma cantharus* (Neves *et al.*, 2019) و ماهی *Trachurus picturatus* اقیانوس اطلس (Moreira *et al.*, 2019) اشاره کرد.

تاکنون مطالعه‌ای درباره اتولیت ماهی سفید سواحل جنوبی دریای خزر انجام نشده است و تحقیق حاضر به‌دلیل عدم منابع علمی کافی در خصوص مشخصات مورفولوژیک اتولیت در ماهی سفید و با هدف مقایسه و بررسی خصوصیات ریخت‌سنجی اتولیت برای مشخص کردن تفاوت‌های ظاهری اتولیت و وجود ارتباطات معنی‌دار بین فاکتورهای بیومتری ماهیان و اتولیت و ارزیابی این ساختار سخت بین جمعیت‌ها در ۱۰ منطقه از سواحل جنوبی دریای خزر انجام پذیرفت.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سواحل جنوبی دریای خزر در سه استان گلستان، مازندران و گیلان انجام شد. نمونه‌برداری از ماهیان سفید از سه حوضه غربی، مرکزی و شرقی دریای خزر از تورهای تعاونی پره ماهیان استخوانی انجام گرفت. مناطق نمونه‌برداری به‌صورت ۱۰ ایستگاه بین آستارا تا مرز حسینقلی انتخاب شد. ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه ۱ (آستارا)، منطقه ۲ (بندر انزلی)، منطقه ۳ (رودسر) در استان گیلان؛ منطقه ۴ (تنکابن)، منطقه ۵ (نوشهر)، منطقه ۶ (بابلسر)، منطقه ۷ (ساری) در استان مازندران؛ منطقه ۸ (میانکاله، محدوده استان گلستان)، منطقه ۹ (خواجه نفس- دهانه گرگانرود) و منطقه ۱۰ (گمیشان) در استان گلستان قرار داشتند (شکل ۱).



شکل ۱- نقاط نمونه‌برداری بررسی شکل و ویژگی‌های ریخت‌شناسی اتولیت‌های ماهی سفید (*R. kutum*) سواحل جنوبی دریای خزر

تعداد ۱۵۳ قطعه ماهی سفید در فصل مجاز صید در سال ۹۶ -۱۳۹۵جمع‌آوری شد. مشخصات زیستی هر نمونه ماهی سفید شامل طول کل توسط خط‌کش زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌متر و وزن توسط ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری و ثبت شد. در این پژوهش جهت خارج کردن اتولیت‌های سمت چپ و راست نمونه، از روش میان‌آبششی استفاده شد (Begg *et al.*, 2001). پس از شستشو و

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

برداشتن لایه محافظ دور اتولیت‌ها، در نهایت رطوبت‌گیری انجام شد. زیست‌سنجی اتولیت‌ها به کمک کولیس و با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر انجام شد. توزین اتولیت‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۰۱ گرم انجام گرفت.

جهت پردازش تصویر، اتولیت‌های چپ و راست با استفاده از لوپ دوچشمی دوربین‌دار با بزرگنمایی ۱۰× عکس‌برداری شده و سپس اندازه‌گیری‌های مرفومتریک با استفاده از نرم‌افزار Image Measurement انجام گرفت. اندازه‌گیری‌های سطح (سانتی‌متر مربع)، محیط (سانتی‌متر)، طول (سانتی‌متر) و پهنا (سانتی‌متر) برای محاسبه ۷ شاخص شکل اتولیت (جدول ۱): Form factor، Roundness، Circularity، Rectangularity، Ellipticity، Otolith Size Index، Otolith Longitude Index استفاده گردید (Moreira *et al*., 2019).

جدول ۱- شاخص‌های محاسبه‌شده شکل اتولیت ماهی سفید (*R. kutum*) از اندازه‌گیری‌های مرفومتریک: A: مساحت (سانتی‌متر مربع)، P : محیط(سانتی‌متر)، L: طول (سانتی‌متر)، W: پهنا (سانتی‌متر)

شاخص شکل	فرمول
Form factor	$(4\pi A)/P^2$
Roundness	$(4A)/(\pi L^2)$
Circularity	P^2/A
Rectangularity	$A/(L\times W)$
Ellipticity	$(L-W)/(L+W)$
Otolith Size Index	L/TL
Otolith Longitude Index	L/W

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و شاپیرو- ویلک مورد بررسی قرار گرفت و سپس جهت تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده بین ایستگاه‌های مختلف از آزمون واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون LSD، مقایسه بین شاخص‌ها در اتولیت چپ و راست با استفاده از آزمون t-student انجام گرفت. همچنین جهت تفکیک ایستگاه‌ها با استفاده از شاخص‌های اتولیت از آزمون Discriminant Analysis با استفاده از نرم‌افزار SPSS-23 و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel-2013 و Past انجام شد.

نتایج

یکی از روش‌های شناسایی گونه‌ها استفاده از خصوصیات شکل ظاهری اتولیت‌های مربوط به هر گونه می‌باشد، زیرا شکل اتولیت‌های هر گونه اختصاصی است. تفاوت‌های ریخت‌شناسی بین اتولیت راست و چپ می‌تواند وجود داشته باشد. در این تحقیق، به‌منظور ارزیابی مشخصات ریخت‌شناسی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

اتولیت راست و چپ در ماهی سفید، تعداد ۱۵۳ قطعه ماهی از ده ایستگاه در طول خط ساحلی دریای خزر مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). نتایج نشان داد که بین اتولیت راست و چپ در تمام خصوصیات مورد بررسی اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ($p>0/05$).

جدول ۲- شاخص‌های محاسبه شده شکل اتولیت ماهی سفید (*R. kutum*) از اندازه‌گیری‌های مرفومتریک

موقعیت اتولیت	ایستگاه	Form factor	Roundness	Circularity	Rectangularity	Ellipticity	Otolith Size Index	Otolith Longitude Index
چپ	گمیشان	۸/۴±۰/۵^{b}	۶/۶±۰/۴^{a}	۱/۵±۰/۰۹^{a}	۷/۵±۰/۴^{ab}	۰/۱۷±۰/۰۴^{ab}	۰/۰۰۷۸±۰/۰۰۰۶^{bc}	۱/۴±۰/۱^{abc}
	خواجه‌نفس	۹±۰/۲^{ab}	۷/۱±۰/۶^{a}	۱/۴±۰/۰۳^{a}	۸±۰/۶^{a}	۰/۱۸±۰/۰۱^{ab}	۰/۰۰۷۵±۰/۰۰۰۴^{c}	۱/۴۳±۰/۰۳^{abc}
	میانکاله	۹/۲±۱/۷^{a}	۷/۲±۱/۶^{a}	۱/۳۹±۰/۱۵^{a}	۷/۸±۰/۷^{ab}	۰/۱۷±۰/۰۵^{ab}	۰/۰۰۷۸±۰/۰۰۰۸^{bc}	۱/۴±۰/۱۲^{abc}
	ساری	۸/۸±۰/۲^{ab}	۶/۸±۰/۳^{a}	۱/۴۳±۰/۰۳^{a}	۷/۹±۰/۴^{ab}	۰/۱۹±۰/۰۳^{a}	۰/۰۰۷۸±۰/۰۰۰۴^{bc}	۱/۴۸±۰/۱^{a}
	بابلسر	۸/۶±۰/۵^{ab}	۶/۸±۰/۳^{a}	۱/۴۶±۰/۰۹^{a}	۷/۶±۰/۴^{ab}	۰/۱۸±۰/۰۲^{ab}	۰/۰۰۸±۰/۰۰۰۵^{abc}	۱/۴۳±۰/۰۵^{abc}
	نوشهر	۸/۵±۱/۱^{ab}	۷±۰/۳^{a}	۱/۵۱±۰/۳^{a}	۷/۴±۰/۳^{b}	۰/۱۵۴±۰/۰۳^{ab}	۰/۰۰۸۴±۰/۰۰۰۹^{ab}	۱/۳۶±۰/۰۸^{bc}
	تنکابن	۸/۸±۰/۲^{ab}	۶/۹±۰/۵^{a}	۱/۴۳±۰/۰۳^{a}	۷/۳±۰/۹^{b}	۰/۱۵±۰/۰۶^{b}	۰/۰۰۸±۰/۰۰۰۷^{abc}	۱/۳۵±۰/۱۵^{c}
	رودسر	۸/۸±۰/۲^{ab}	۷±۰/۴^{a}	۱/۴۳±۰/۰۴^{a}	۷/۴±۰/۸^{b}	۰/۱۵±۰/۰۷^{b}	۰/۰۰۸۵±۰/۰۰۰۸^{a}	۱/۳۵۳±۰/۱۸^{bc}
	بندر انزلی	۸/۹±۰/۲^{ab}	۷/۱±۰/۷^{a}	۱/۴۲±۰/۰۳^{a}	۷/۸±۰/۶^{ab}	۰/۱۷±۰/۰۲^{ab}	۰/۰۰۸۱±۰/۰۰۰۵^{abc}	۱/۴±۰/۰۷^{abc}
	آستارا	۸/۷±۰/۲^{ab}	۶/۷±۰/۴^{a}	۱/۴۵±۰/۰۴^{a}	۷/۶±۰/۴^{ab}	۰/۱۹±۰/۰۳^{a}	۰/۰۰۸±۰/۰۰۰۲^{abc}	۱/۴۶±۰/۰۸^{ab}
راست	گمیشان	۸/۵±۰/۵^{a}	۷/۱±۰/۴^{a}	۱/۴۸±۰/۱^{a}	۷/۶±۰/۹^{a}	۰/۱۵±۰/۰۷^{a}	۰/۰۰۷۹±۰/۰۰۰۵^{bc}	۱/۳۷±۰/۱۷^{a}
	خواجه‌نفس	۸/۷±۰/۲^{a}	۷/۲±۰/۳^{a}	۱/۴۴±۰/۰۳^{a}	۸±۰/۹^{a}	۰/۱۷±۰/۰۴^{a}	۰/۰۰۷۷±۰/۰۰۰۲^{c}	۱/۴۱±۰/۱۲^{a}
	میانکاله	۸/۷±۰/۵^{a}	۷/۳±۱/۷^{a}	۱/۴۵±۰/۱^{a}	۷/۹±۱^{a}	۰/۱۶±۰/۰۴^{a}	۰/۰۰۷۹±۰/۰۰۰۸^{bc}	۱/۳۹±۰/۱۱^{a}
	ساری	۸/۸±۰/۳^{a}	۶/۷±۰/۵^{a}	۱/۴۴±۰/۰۵^{a}	۷/۷±۰/۳^{a}	۰/۱۹±۰/۰۳^{a}	۰/۰۰۸±۰/۰۰۰۳^{bc}	۱/۴۷±۰/۱^{a}
	بابلسر	۸/۶±۰/۳^{a}	۶/۸±۰/۵^{a}	۱/۴۶±۰/۰۵^{a}	۷/۵±۰/۸^{a}	۰/۱۷±۰/۰۵^{a}	۰/۰۰۸۲±۰/۰۰۰۵^{abc}	۱/۴±۰/۱۲^{a}
	نوشهر	۸/۶±۰/۸^{a}	۷/۳±۰/۵^{a}	۱/۴۸±۰/۲^{a}	۷/۶±۰/۸^{a}	۰/۱۴±۰/۰۸^{a}	۰/۰۰۸۵±۰/۰۰۰۸^{ab}	۱/۳۴±۰/۱۷^{a}
	تنکابن	۸/۷±۰/۳^{a}	۷/۱±۰/۸^{a}	۱/۴۴±۰/۰۴^{a}	۷/۵±۱^{a}	۰/۱۵±۰/۰۶^{a}	۰/۰۰۸۱±۰/۰۰۰۷^{abc}	۱/۳۵±۰/۱۵^{a}
	رودسر	۸/۸±۰/۳^{a}	۷/۲±۰/۷^{a}	۱/۴۳±۰/۰۵^{a}	۷/۷±۱^{a}	۰/۱۵±۰/۰۴^{a}	۰/۰۰۸۷±۰/۰۰۰۸^{a}	۱/۳۷±۰/۱۲^{a}
	بندر انزلی	۸/۸±۰/۳^{a}	۷/۲±۰/۵^{a}	۱/۴۳±۰/۰۴^{a}	۷/۸±۰/۵^{a}	۰/۱۶±۰/۰۲^{a}	۰/۰۰۸۳±۰/۰۰۰۶^{abc}	۱/۳۹±۰/۰۷^{a}
	آستارا	۸/۹±۰/۳^{a}	۷±۰/۷^{a}	۱/۴۲±۰/۰۶^{a}	۷/۸±۰/۵^{a}	۰/۱۷±۰/۰۳^{a}	۰/۰۰۸۱±۰/۰۰۰۳^{abc}	۱/۴۳±۰/۱^{a}

در بررسی اتولیت چپ، خصوصیات مرفولومتریک Roundness، Circularity در بین ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ولی در بقیه صفات اختلاف معنی‌دار بود. بیش‌ترین و کم‌ترین Form factor به‌ترتیب در نمونه‌های اتولیت میانکاله و گمیشان، بیش‌ترین و کم‌ترین Rectangularity مربوط به نمونه‌های خواجه نفس و تنکابن، بیش‌ترین و کم‌ترین Ellipticity مربوط به ساری – آستارا و تنکابن- رودسر، بیش‌ترین و کم‌ترین Otolith Size Index مربوط به رودسر و خواجه نفس و بیش-

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

ترین و کم‌ترین Otolith Longitude Index مربوط به ساری و تنکابن مشاهده گردید. در بررسی اتولیت راست، به‌جز در مورد خصوصیت مورفولومتریک Otolith Size Index در بقیه موارد بین ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص اندازه اتولیت به‌ترتیب مربوط به رودسر و خواجه نفس مشاهده گردید (جدول ۲).

در آنالیز افتراقی براساس صفات ریخت‌سنجی اتولیت‌ها، ۷ تابع تعیین گردید که دو تابع اول با ۶۵/۹ درصد دارای بالاترین درصد افتراقی است (جدول ۳).

جدول ۳- خلاصه‌ای از توابع افتراقی مرکزی براساس صفات ریخت‌سنجی اتولیت‌های ماهی سفید (*R. kutum*)

تابع	مقدار ویژه	درصد پراکندگی	درصد تجمعی
۱	۰/۳۷۸	۴۰/۱	۴۰/۱
۲	۰/۲۶۵	۲۸/۱	۶۸/۲
۳	۰/۱۶۳	۱۷/۳	۸۵/۵
۴	۰/۰۶۵	۶/۹	۹۲/۴
۵	۰/۰۵۲	۵/۵	۹۸
۶	۰/۰۱۶	۱/۷	۹۹/۶
۷	۰/۰۰۴	۰/۴	۱۰۰

از بین صفات مورد بررسی در اتولیت چپ ماهی سفید در مناطق مورد مطالعه، خصوصیات Circularity و Form factor با تابع ۱، خصوصیت Otolith Size Index با تابع ۲، Ellipticity و Otolith Longitude Index با تابع ۳، Roundness با تابع ۴ و Rectangularity با تابع ۶ بالاترین درصد همبستگی (پیرسون) را نشان دادند (جدول ۴).

جدول ۴- همبستگی بین شاخص‌های اتولیت ماهی سفید (*R. kutum*) و توابع افتراقی استاندارد شده

تابع	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
Circularity	۰/۷۱۶*	۰/۱۷۸	-۰/۱۶۸	۰/۲۱۵	۰/۰۳۹	۰/۱۸۳	-۰/۵۸۸
Form factor	-۰/۶۸۳*	-۰/۱۵۷	۰/۱۹۸	-۰/۲۲۰	-۰/۰۱۰	-۰/۱۸۰	۰/۶۲۳
Otolith Size Index	-۰/۱۶۳	-۰/۶۵۳*	۰/۰۵۸	۰/۴۸۳	۰/۳۹۵	۰/۳۸۷	-۰/۰۶۷
Otolith Longitude Index	-۰/۲۶۸	۰/۴۶۹	-۰/۵۷۰*	۰/۴۱۵	۰/۳۷۷	۰/۱۷۷	-۰/۱۹۷
Ellipticity	-۰/۲۷۹	۰/۴۷۵	-۰/۵۳۶*	۰/۴۳۲	۰/۳۸۲	۰/۱۶۳	-۰/۲۲۳
Roundness	-۰/۱۰۱	-۰/۱۹۵	۰/۳۷۰	-۰/۷۹۷*	-۰/۰۸۴	۰/۴۱۴	۰/۰۳۲
Rectangularity	-۰/۳۹۹	۰/۲۵۸	-۰/۱۳۷	-۰/۵۰۵	۰/۳۳۰	۰/۵۹۲*	-۰/۲۰۵

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

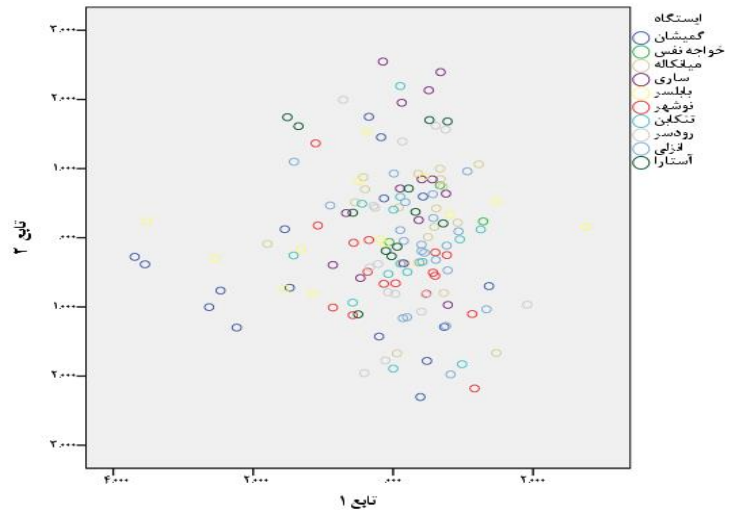
در طبقه‌بندی براساس داده‌های اصلی (درصد) در آنالیز توابع افتراقی، نمونه‌های گمیشان ارتباط با نمونه‌های مناطق مجاور خواجه نفس و میانکاله نداشتند و البته با نمونه‌های ساری، تنکابن، انزلی و آستارا ارتباط دارند. نمونه‌های خواجه نفس تنها با بابلسر ارتباط دارند. نمونه‌های میانکاله به‌جز با نمونه‌های تنکابن و رودسر با بقیه مناطق ارتباط دارند. نمونه‌های ساری به‌جز با میانکاله، نوشهر و رودسر با بقیه مناطق ارتباط دارد. نمونه‌های بابلسر به‌جز با ساری و نوشهر تا رودسر، نمونه‌های تنکابن به‌جز با میانکاله و ساری، نمونه‌های رودسر به‌جز با میانکاله و بابلسر و نمونه‌های آستارا به‌جز با نوشهر و تنکابن با بقیه ارتباط دارند. نمونه‌های انزلی با تمام ایستگاها ارتباط دارند (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج طبقه‌بندی بر اساس داده‌های اصلی (درصد) در آنالیز توابع افتراقی صفات ریخت‌سنجی اتولیت‌های ماهی سفید (*R. kutum*)

ایستگاه	گمیشان	خواجه نفس	میانکاله	ساری	بابلسر	نوشهر	تنکابن	رودسر	انزلی	آستارا
گمیشان	۴۷/۴	۰	۰	۱۰/۵	۰	۰	۱۵/۸	۰	۱۰/۵	۱۵/۸
خواجه نفس	۰	۶۶/۷	۰	۰	۳۳/۳	۰	۰	۰	۰	۰
میانکاله	۵/۳	۱۵/۸	۵/۳	۵/۳	۱۵/۸	۱۰/۵	۰	۰	۲۶/۳	۱۵/۸
ساری	۷/۱	۱۴/۳	۰	۲۸/۶	۱۴/۳	۰	۷/۱	۰	۱۴/۳	۱۴/۳
بابلسر	۳۵/۷	۲۱/۴	۷/۱	۰	۷/۱	۰	۰	۰	۱۴/۳	۱۴/۳
نوشهر	۵/۹	۱۱/۸	۰	۰	۰	۴۱/۲	۵/۹	۱۷/۶	۱۱/۸	۵/۹
تنکابن	۶/۳	۱۸/۸	۰	۰	۶/۳	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۸/۸	۱۲/۵	۱۲/۵
رودسر	۵/۹	۵/۹	۰	۱۷/۶	۰	۱۷/۶	۱۱/۸	۳۵/۳	۵/۹	۰
انزلی	۹/۱	۱۸/۲	۴/۵	۹/۱	۹/۱	۹/۱	۴/۵	۴/۵	۲۷/۳	۴/۵
آستارا	۱۶/۷	۱۶/۷	۰	۱۶/۷	۸/۳	۸/۳	۰	۰	۱۶/۷	۱۶/۷

نمودار توابع افتراقی مرکزی پراکنش ایستگاه‌ها با استفاده از توابع ۱ و ۲ رسم گردید؛ که در آن تابع ۱ با خصوصیت Otolith Size Index و تابع ۲ با خصوصیت Rectangularity دارای بالاترین همبستگی بودند. براساس این نمودار، ایستگاه ۱ (گمیشان) در دورترین فاصله از خواجه نفس قرار گرفت. ایستگاههای مجاور ۲ (خواجه‌نفس)، ۳ (میانکاله) و ۴ (ساری) نزدیک هم افتاده و با فاصله از ایستگاه‌های ۵ (بابلسر)، ۶ (نوشهر) و ۷ (تنکابن) قرار گرفتند. همچنین ایستگاه‌های ۷ (تنکابن) و ۸ (رودسر) از یکدیگر فاصله داشتند درحالی‌که ایستگاه‌های ۹ (بندر انزلی) و ۱۰ (آستارا) بسیار به یکدیگر نزدیک بودند (شکل ۲).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]



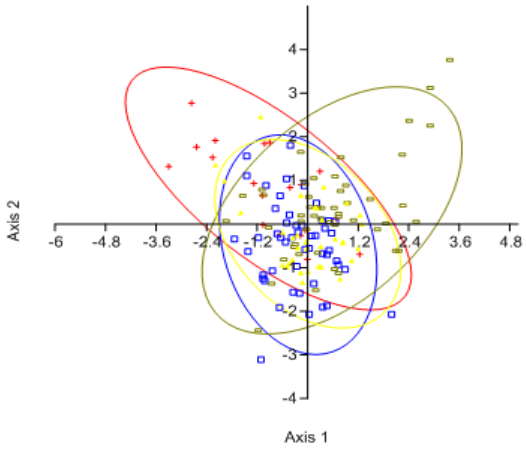
شکل ۲– پراکنش ایستگاه‌ها در نمودار توابع افتراقی مرکزی صفات ریخت‌سنجی اتولیت‌های ماهی‌سفید (*R. kutum*) با استفاده از تابع ۱ و ۲؛ قرمز – گمیشان؛ آبی – خواجه نفس – میانکاله- ساری- بابلسر؛ قهوه ای- نوشهر – تنکابن- رودسر؛ زرد- انزلی – آستارا

در آنالیز داده‌ها با استفاده از MANOVA/CVA، با استفاده از شاخص‌های مورفومتریک اتولیت چپ مقدار آزمون Pillai trace نشان‌دهنده معنی‌دار بودن جدایی ایستگاه‌هاست ($p<۰/۰۰۱$) (شکل ۳). ابتدا با استفاده از مقایسه دوبه دوی ایستگاه‌ها با استفاده از آزمون Hotteling test، ۴ ایستگاه اصلی (ایستگاه ۱: گمیشان؛ ایستگاه ۲: خواجه نفس تا بابلسر؛ ایستگاه ۳: نوشهر تا رودسر؛ ایستگاه ۴: انزلی و آستارا) تعیین گردید. البته ایستگاه ۳ و ۴ در سطح اطمینان ۱۰ درصد اختلاف معنی‌دار داشتند که به‌عنوان ایستگاه‌های جداگانه در نظر گرفته شدند (جدول ۶).

جدول ۶– تعیین ایستگاه براساس آزمون MANOVA/CVA آنالیز صفات ریخت‌سنجی اتولیت‌های ماهی سفید (*R. kutum*)

ایستگاه	گمیشان	خواجه‌نفس- میانکاله- ساری- بابلسر	نوشهر- تنکابن- رودسر	انزلی- آستارا
گمیشان	-	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۹۵
خواجه‌نفس- میانکاله- ساری- بابلسر		-	۰/۰۰۰۴	۰/۷
نوشهر- تنکابن- رودسر			-	۰/۰۸۴
انزلی- آستارا				-

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۳- پراکنش ایستگاه‌ها در نمودار CVA با استفاده از محور ۱ و ۲ آنالیز صفات ریخت‌سنجی اتولیت‌های ماهی‌سفید (*R. kutum*)

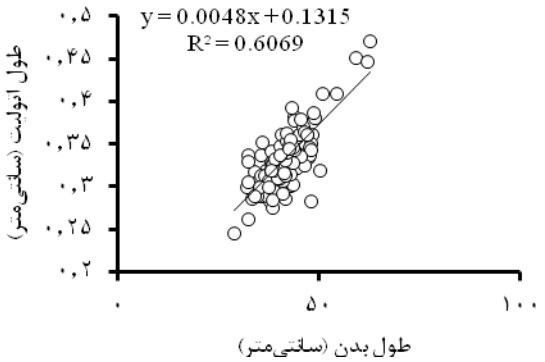
در تعیین تعیین محل احتمالی ماهیان با استفاده از آزمون Classification و Jackknifed، در گمیشان ۶۳ درصد و ۵۸ درصد؛ در خواجه نفس تا بابلسر ۴۶ درصد و ۳۸ درصد؛ در نوشهر تا رودسر ۵۴ درصد و ۵۰ درصد و نمونه‌های انزلی تا آستارا تنها ۳۸ درصد و ۴۴ درصد نمونه‌های صید شده در آن ایستگاه از نظر شاخص اتولیت به همان منطقه تعلق دارند (جدول ۷).

جدول ۷- تعیین محل احتمالی ماهی سفید (*R. kutum*) با کمک اتولیت چپ با استفاده از آزمون Classification و Jackknifed

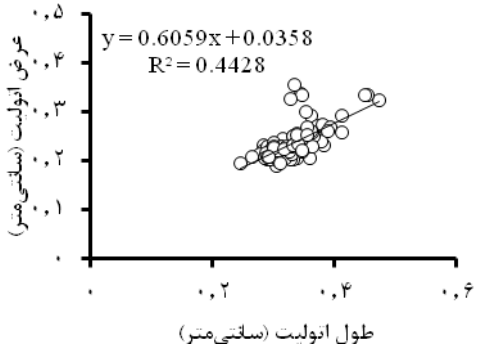
ایستگاه	آزمون	گمیشان	خواجه نفس میانکاله ساری بابلسر	نوشهر تنکابن رودسر	انزلی – آستارا	جمع کل
گمیشان	Classification	۱۲	۲	۳	۲	۱۹
	Jackknifed	۱۱	۳	۳	۲	۱۹
خواجه نفس- میانکاله ساری- بابلسر	Classification	۸	۲۳	۴	۱۵	۵۰
	Jackknifed	۸	۱۹	۵	۱۸	۵۰
نوشهر- تنکابن- رودسر	Classification	۶	۱۱	۲۷	۶	۵۰
	Jackknifed	۷	۱۱	۲۵	۷	۵۰
انزلی – آستارا	Classification	۵	۱۳	۸	۸	۳۴
	Jackknifed	۵	۱۵	۹	۵	۳۴

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

در بررسی رابطه طول کل بدن با طول اتولیت و رابطه طول اتولیت و عرض اتولیت و نیز طول و وزن اتولیت از یک رابطه رگرسیونی خطی تبعیت می‌کند (شکل‌های ۴، ۵ و ۶).

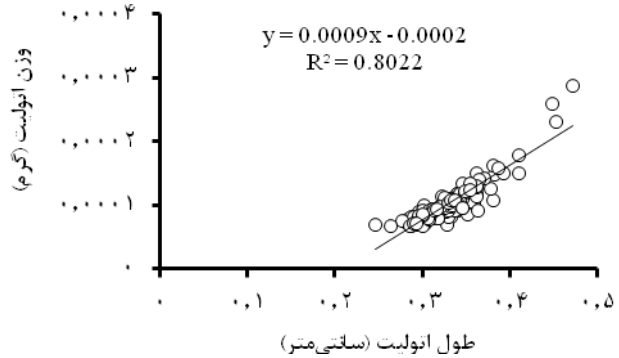


شکل ۴- رابطه رگرسیونی بین طول کل بدن و طول اتولیت ماهی سفید (*R. kutum*) در سواحل جنوبی دریای خزر



شکل ۵- رابطه رگرسیونی بین طول اتولیت و عرض اتولیت ماهی سفید (*R. kutum*) در سواحل جنوبی دریای خزر

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۶- رابطه رگرسیونی بین طول اتولیت و وزن اتولیت ماهی سفید (*R. kutum*) در سواحل جنوبی دریای خزر

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعات پیشین در ارتباط با ماهی سفید دریای خزر بیشتر در زمینه زیست‌شناسی (Aminian-Fetideh *et al.*, 2016) ، ویژگی‌های جمعیتی و پراکنش و ارزیابی ذخایر (Abdolmaleki and Ghaninezhad, 2007; Mohammadnezhad Shamoushaki *et al.*, 2013; Daryanabard *et al.*, 2015) آنها بوده است و تاکنون مطالعه جامعی در خصوص ریخت‌شناسی اتولیت، عوامل تأثیرگذار بر آن صورت نگرفته است. چندین مقاله در مورد خانواده کپورماهیان وجود دارد که استفاده از ساجیتا و لاپیلوس را برای ماهیان جوان در مطالعه ریخت‌شناسی اتولیت مناسب است (Vilizzi, 2018; Yan *et al.*, 2017).

یکی از روش‌های شناسایی گونه‌ها استفاده از خصوصیات شکل ظاهری اتولیت‌های مربوط به هر گونه می‌باشد، زیرا شکل اتولیت‌های هر گونه اختصاصی است. شکل ظاهری اتولیت ماهیان در خانواده-های مختلف به‌طور بارزی متفاوت است. اما درون خانواده‌ها اتولیت‌ها بسیار شبیه به‌هم شبیه می‌باشند. اتولیت‌ها می‌تواند بسیار بزرگ یا کوچک، بسیار کشیده یا گرد، ضخیم و یا نازک باشد (Sedighzadeh *et al.*, 2008). اندازه و شکل اتولیت خاص هر گونه است. اما درون افراد ممکن است با آشفتگی یا تغییرات شرایط محیطی یا استرس بی‌تقارنی بین اتولیت بین اتولیت راست و چپ مشاهده شود (Lecomte-Finiger, 1992).

اتولیت‌ها از نظر شکل و اندازه در گروه‌های مختلف ماهیان بسیار پیچیده و متفاوت هستند. این تنوع در شکل و اندازه اتولیت‌ها نشان‌دهنده ویژگی‌های گونه‌ای ماهیان است (Furlani, 2007) اما تفاوت‌های زیست‌سنجی بین اتولیت چپ و راست از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارد (Cabral-Solis *et al.*, 2010). که با نتایج حاصل از این مطالعه نیز این مسئله را تائید می‌کند. بنابراین، می-

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

توان اذعان داشت که خصوصیات Roundness و Circularity شاخص خوبی برای مقایسه ساختار جمعیتی ماهی سفید به‌حساب نمی‌آید. با توجه به نتایج به‌دست آمده، به‌نظر می‌رسد که نمونه‌های برخی ایستگاه‌ها باید تلفیق شده و یک ایستگاه در نظر گرفته شوند. از سویی دیگر، تفاوت در شرایط محیطی می‌تواند تأثیر به‌سزایی در رشد و به‌تبع آن در شکل اتولیت داشته باشد (Campana and Neilson, 1985). هم‌چنین، کلاس‌های جنسی و سنی می‌توانند بر شکل اتولیت تأثیر بگذارند (Begg *et al.*, 2001; Hussy *et al.*, 2016) و بنابراین، به‌نظر می‌رسد که در تشریح تفاوت‌های منطقه‌ای جمعیت‌ها، نرخ رشد اهمیت بیشتری نسبت به خاستگاه ذخایر دارد (Simoneau *et al.*, 2000; Cardinale *et al.*, 2004). نتایج مدل رگرسیونی نشان داد با افزایش طول ماهی، ابعاد و وزن اتولیت نیز به‌صورت خطی افزایش می‌یابد که نتایج به‌دست آمده مشابه نتایج مطالعات سایر پژوهشگران روی ماهیان استخوانی دیگر از جمله ماهی *Chodrostoma regium* (Heckel, 1843) توسط آیدین و همکاران (Aydin *et al.*, 2004)، ماهی *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1816) توسط جواد و همکاران (Jawad *et al.*, 2011)، ماهی ساردین *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) توسط ایزو و همکاران (Izzo *et al.*, 2012)، ماهی هامور معمولی *Epinephelus coioides* (Hamilton, 1822) توسط خدادادی و عمادی (Khodadadi and Emadi, 2004)، ماهی ساردین سند *Sardinella sindensis* (Day, 1878) توسط دهقانی و همکاران (Dehghani *et al.*, 2016) و ماهی کفال طلایی *Liza aurata* (Risso, 1810) توسط بامشاد و همکاران (Bamshad *et al.*, 2016) می‌باشد.

علاوه‌براین، شکل اتولیت می‌تواند با رژیم غذایی ماهیان دریایی مرتبط باشد که به‌نوبه خود با نرخ رشد گونه‌ها در ارتباط است (Mille *et al.*, 2016). تغییرات شکل اتولیت به‌دلیل تفاوت‌های متابولیسمی، در ماهیان گوناگونی مورد مطالعه قرار گرفته است (Begg *et al.*, 2001; Capoccioni *et al.*, 2011; Hussy *et al.*, 2016).

برای چندین گونه ماهی ثابت شده که تجزیه و تحلیل شکل اتولیت در جداسازی ذخایر فنوتیپی مؤثر است (Ferguson *et al.*, 2011; Duncan *et al.*, 2018). با این‌حال، عدم وجود تفاوت در شکل اتولیت لزوماً قطعی نیست، زیرا همگن بودن شرایط محیطی می‌تواند به اشکال مشابهی منجر شود (Stransky *et al.*, 2008).

تجزیه و تحلیل شکل اتولیت، می‌تواند به تفکیک واحدهای مختلف جمعیتی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری کمک نماید (Jurado-Ruzafa and Santamaria, 2011; Moreira *et al.*, 2018; Vasconcelos *et al.*, 2018). براساس نتایج حاصل از آنالیز افتراقی در مطالعه حاضر، به‌نظر می‌رسد حدود نیمی از نمونه‌های منطقه گمیشان مربوط به مهاجرت نمونه‌ها از غرب دریای خزر از آستارا، انزلی، تنکابن و ساری به سمت شرق دریاست. به‌نظر می‌رسد نمونه‌های صید شده در میانکاله بیشتر

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

حاصل مهاجرت این گونه از غرب دریا به‌ویژه از منطقه انزلی به سمت شرق دریاست. ولی نمونه‌های ساری هم حاصل مهاجرت نمونه‌ها از مناطق عرض‌های بالاتر و هم غرب به شرق است. حدود نیمی از نمونه‌های بابلسر حاصل مهاجرت از سمت شرق به سمت بخش‌های میانی و حدود ۳۰ درصد مهاجرت نمونه‌ها از غرب به شرق است. هم‌چنین، حدود ۴۰ درصد از نمونه‌های نوشهر حاصل مهاجرت نمونه‌ها از مناطق عرض‌های بالاتر و نیز مهاجرت ماهیان از غرب به شرق است. ولی ماهی سفید مورد مطالعه در منطقه رودسر عمدتاً حاصل مهاجرت نمونه‌ها از مناطق عرض‌های بالاتر و نیز مهاجرت از شرق به غرب دریاست. در مورد تنکابن بیشتر نمونه‌ها حاصل مهاجرت ماهی از غرب به شرق است ولی نمونه-های به‌دست‌آمده از مناطق انزلی و آستارا حاصل مهاجرت شرق به غرب می‌باشد. به‌هرحال، پراکندگی داده‌های حاصل از این بررسی نشان از مهاجرت‌های غرب به شرق و بالعکس در سواحل جنوبی دریای خزر دارد.

ماهیان نمونه‌برداری‌شده، دارای نرخ باز طبقه‌بندی حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد در ایستگاه‌های نمونه‌برداری بودند که نشان از وجود یک جمعیت واحد ندارد. به‌هرحال، با استفاده از آنالیز افتراقی و نیز تجزیه وتحلیل MANOVA/CVA احتمال وجود ۴ گروه فضایی مجزا شامل: گروه اول با نمونه‌هایی از گمیشان؛ گروه دوم خواجه نفس – میانکاله- ساری- بابلسر، گروه سوم نوشهر – تنکابن- رودسر؛ گروه چهارم انزلی – آستارا وجود دارد که نیاز به مطالعات ژنتیکی و ایزوتوپی دارد.

به‌طور کلی، مطالعات نشان می‌دهد که جمعیت ماهیان با ساختار پویایی پیچیده مکانی در یک منطقه خاص، برای پایداری منابع به مدل‌هایی نظیر مدل‌های ارزیابی ذخایر متکی بر ساختارهای مکانی، ارزیابی استراتژی مدیریت، پیوستگی شاخص‌های مکانی در قوانین کنترل برداشت و هم‌چنین، توزیع صید در مناطق مدیریتی و ایجاد مناطق حفاظت شده دریایی نیاز دارد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق مستخرج از رساله دکتری است؛ نویسندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را از صندوق حمایت از پژوهشگران ریاست جمهوری به جهت حمایت‌های مادی و معنوی در راستای انجام رساله اعلام می‌دارد.

منابع

Abdolmaleki Sh., Ghaninezhad D. 2007. Stock assessment of the Caspian Sea in kutum (*Rutilus frisii kutum*) Iranian coastal waters of the Caspian Sea. Iranian Scientific Fisheries Journal, 16 (1): 103- 114. (In Persian).

Aminian - Fetideh B., Mohammadi M., Karimzadeh Gh., Mohammad Jafari A., VahdatiRad. N. 2016. Effect of biological and environmental conditions on the

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

catch rate and migration of *Rutilus Frisii Kutum* in the southeast basin of the Caspian Sea (Golestan Province). Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology), 29 (4): 380- 400. (In Persian).

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

Azari-Takami Gh., Razavi- Sayad B. 1990. Study of artificial reproduction of The Caspian kutum. Journal of Veterinary (Tehran University), 1 (41): 40-60. (In Persian).

Bamshad M., Askari H.M., Teimori A., Madjdzadeh S.M. 2016. Morphology of the sagittal otolith in *Liza aurata* (Risso, 1810) from coastal habitats of Caspian Sea southern basin. Aquatic Physiology and Biotechnology, 4(1): 33-48.

Begg G.A., Overholtz W.J., Munroe N.J. 2001. The use of internal otolith morphometrics for identification of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stocks on Georges Bank. Fishery Bulletin, 99(1):1-10.

Bergenius M.A., Mapstone B.D., Begg G.A., Murchie C.D. 2005. The use of otolith chemistry to determine stock structure of three epinepheline serranid coral reef fishes on the Great Barrier Reef, Australia. Fisheries Research, 72(2-3): 253-270.

Berghahn R. 2001. Indications of climate change in coastal areas: what may fish otoliths tell us?. Climate Research, 18(1-2): 113-118.

Brothers E.B. 1984. Otolith studies. Ontogeny and Systematics of Fishes. In: Moser HG, Richards WJ, Cohen DM, Fahay MP, Kendall Jr AW, Richardson SL (Eds.). Special Publication of American Society of Ichthyology and Herpetology, pp: 50-57.

Cabral-Solis E.G., Gallardo-Cabello M., Espino-Barr E., Ibanez A.L. 2010. Reproduction of *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) from the Cuyutlan lagoon, in the Pacific coast of Mexico. Avances en Investigacion Agropecuaria, 14(3): 19-32.

Campana S.E., Neilson J.D. 1985. Microstructure of fish otoliths. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 42(5): 1014-1032.

Campana S.E., Thorrold S.R. 2001. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations?. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 58(1): 30-38.

Capoccioni F., Costa C., Aguzzi J., Menesatti P., Lombarte A., Ciccotti E. 2011. Ontogenetic and environmental effects on otolith shape variability in three Mediterranean European eel (*Anguilla anguilla*, L.) local stocks. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 397(1): 1-7.

Cardinale M., Doering-Arjes P., Kastowsky M., Mosegaard H. 2004. Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus*

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

morhua) otoliths. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 61(2): 158-167.

Daryanabard Gh., Fazli H., Parafkandeh Haghighi F. 2015. Relative abundance of kutum (*Rutilus kutum*) in beach seines of the Caspian Sea. Iranian Scientific Fisheries Journal, 24 (4): 145- 155.

Dehghani M., Kamrani E., Salarpouri A., Sharifian S. 2016. Otolith dimensions (length, width), otolith weight and fish length of *Sardinella sindensis* (Day, 1878), as index for environmental studies, Persian Gulf. Marine Biodiversity Records, 9(44): 1-6.

Duncan R., Brophy D., Arrizabalaga H. 2018. Otolith shape analysis as a tool for stock separation of albacore tuna feeding in the Northeast Atlantic. Fisheries Research, 200: 68-74.

Ferguson G.J., Ward T.M., Gillanders B.M. 2011. Otolith shape and elemental composition: Complementary tools for stock discrimination of mulloway (*Argyrosomus japonicus*) in southern Australia. Fisheries Research, 110(1): 75-83.

Furlani E.P. 2007. Magnetophoretic separation of blood cells at the microscale. Journal of Physics D: Applied Physics, 40(5): 27-38.

Haworth M.R., Bestgen K.R. 2016. Daily increment validation and effects of streamflow variability and water temperature on growth of age-0 flathead chub. North American Journal of Fisheries Management, 36(4): 744-753.

Hussy K., Mosegaard H., Albertsen C.M., Nielsen E.E., Hemmer-Hansen J., Eero M. 2016. Evaluation of otolith shape as a tool for stock discrimination in marine fishes using Baltic Sea cod as a case study. Fisheries Research, (174): 210-218.

Hutchinson W.F. 2008. The dangers of ignoring stock complexity in fishery management: the case of the North Sea cod. Biology Letters, 4(6): 693-695.

Izzo C., Gillanders B.M., Ward T.M. 2012. Movement patterns and stock structure of Australian sardine (*Sardinops sagax*) off South Australia and the East Coast: implications for future stock assessment and management. SARDI Research Report Series, 102 P.

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. Croatian Journal of Fisheries, 69(2): 51-61.

Jemaa S., Bacha M., Khalaf G., Dessailly D., Rabhi K., Amara R. 2015. What can otolith shape analysis tell us about population structure of the European sardine, *Sardina pilchardus*, from Atlantic and Mediterranean waters?. Journal of Sea Research, (96): 11-17.

Jones C.M. 2002. Age and growth. In: Fuiman LA, Werner RG (Eds.). Fishery Science: The unique contributions of early life stages, pp: 33-63.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

Jurado-Ruzafa A., Santamaria M.T. G. 2011. Notes on the recruitment of the blue jack mackerel *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825) off the Canary Islands (Carangidae, Perciformes). Vieraea, (39): 219-224.

Kerr L.A., Campana S.E. 2014. Chemical composition of fish hard parts as a natural marker of fish stocks. In: Cadrin SX, Kerr LA, Mariani S (Eds.). Stock identification methods, Academic press, Elsevier, USA, pp: 205-234.

Khodadadi M., Emadi H. 2004. Aging of *Epinephelus coioides* by using of section of sagita in province waters (Persian Gulf, Khouzestan). Pajouhesh-va-Sazandegi (Animal and Fisheries Sciences), 63: 2-11. (In Persian).

Lecomte-Finiger R. 1992. The crystalline ultrastructure of otoliths of the eel (*A. anguilla* L. 1758). Journal of Fish Biology, 40(2):181-190.

Mansour-kiabi A., Valinasab T., Vosoughi Gh., Ghavam Mostafavi P., Jamalzadeh H. 2011. Comparison of morphometric characteristics of otolith for some species family in the Oman Sea. Journal of Marine Biology (Islamic Azad University, Ahvaz Branch), 3 (10): 3- 10. (In Persian).

Mille T., Mahe K., Cachera M., Villanueva M.C., De Pontual H., Ernande B. 2016. Diet is correlated with otolith shape in marine fish. Marine Ecology Progress Series, (555):167-184.

Mohammadnezhad Shamoushaki M., Gilani Gh., Yahyaei M. 2013. Investigation of the Caspian kutum, Mullet, Common Carp and the Caspian roach cath in Golestan Province from 1999 to 2008. Journal of Fisheries, Islamic Azad University, Azadshahr Branch, Iran, 7(2): 61-68. (In Persian).

Morat F., Gibert P., Reynaud N., Testi B., Favriou P., Raymond V., Carrel G., Maire A. 2018. Spatial distribution, total length frequencies and otolith morphometry as tools to analyse the effects of a flash flood on populations of roach (*Rutilus rutilus*). Ecology of Freshwater Fish, 27(1): 421-432.

Moreira C., Froufe E., Sial A.N., Caeiro A., Vaz-Pires P., Correia A.T. 2018. Population structure of the blue jack mackerel (*Trachurus picturatus*) in the NE Atlantic inferred from otolith microchemistry. Fisheries Research, 197: 113-122.

Moreira C., Froufe E., Vaz-Pires P., Correia A.T. 2019. Otolith shape analysis as a tool to infer the population structure of the blue jack mackerel, *Trachurus picturatus*, in the NE Atlantic. Fisheries Research, 209: 40-48.

Neuman M.J., Witting D.A., Able K.W. 2001. Relationships between otolith microstructure, otolith growth, somatic growth and ontogenetic transitions in two cohorts of windowpane. Journal of Fish Biology, 58(4): 967-984.

Neves A., Vieira A.R., Sequeira V., Paiva R.B., Janeiro A.I., Gaspar L.M., Gordo L.S. 2019. Otolith shape and isotopic ratio analyses as a tool to study *Spondyliosoma cantharus* population structure. Marine Environmental Research, 143: 93-100.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

Panfili J., Pontual H.D., Troadec H., Casselman J.M., Moksness E., Wright P.J. 2002. Manual of fish sclerochronology. The IRD (Institut de recherche pour le développement). French. 446 P.

Razavi-Sayad B. 1990. Stock assessment and management of bony economic fish of the Mazandaran Sea. Iran Fisheries Organization. Mazandaran, Iran. 86 P.

Salmonov Z., Qasimov A., Fersoy H., van Anrooy R. 2013. Fisheries and Aquaculture in the Republic of Azerbaijan: a review. FAO Fisheries and Aquaculture Circular. Rome, Italy. 55 P.

Sedighzadeh Z., Vosoughi Gh., Valinasab T., Fatemi S.M. 2008. A review of the otoliths morphology in some of the Persian Gulf economic pelagic fish. Large Animal Clinical Research (Veterinary), 1(3):1-10. (In Persian).

Shariati A.1992. The Caspian Sea fish and its catchment. (Translation). Iran Fisheries Organization. Tehran, Iran. 171 P.

Simoneau M., Casselman J.M., Fortin R. 2000. Determining the effect of negative allometry (length/height relationship) on variation in otolith shape in lake trout (*Salvelinus namaycush*), using Fourier-series analysis. Canadian Journal of Zoology, 78(9): 1597-1603.

Starrs D., Ebner B.C., Fulton C.J. 2016. All in the ears: unlocking the early life history biology and spatial ecology of fishes. Biological Reviews, 91(1): 86-105.

Stransky C., Murta A.G., Schlickeisen J., Zimmermann C. 2008. Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean. Fisheries Research, 89(2): 159-166.

Teimori A., Schulz-Mirbach T., Esmaeili H.R., Reichenbacher B. 2012. Geographical differentiation of *Aphanius dispar* (Teleostei: Cyprinodontidae) from southern Iran. Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research, 50(4): 289-304.

Teschner C., Reichenbacher B. 2017. Otolith-based age determination of mid-Burdigalian marine sediments in the North Alpine Foreland Basin. Bulletin of Geosciences, 92(2): 143-152.

Vasconcelos J., Vieira A.R., Sequeira V., Gonzalez J.A., Kaufmann M., Gordo L.S. 2018. Identifying populations of the blue jack mackerel (*Trachurus picturatus*) in the Northeast Atlantic by using geometric morphometrics and otolith shape analysis. Fishery Bulletin, (116): 81-92.

Vignon M., Morat F. 2010. Environmental and genetic determinant of otolith shape revealed by a non-indigenous tropical fish. Marine Ecology Progress Series, (411): 231-241.

Vilizzi L. 2018. Age determination in common carp *Cyprinus carpio*: history, relative utility of ageing structures, precision and accuracy. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 28(3): 461-484.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

Volpedo A., Echeverría D.D. 2003. Ecomorphological patterns of the sagitta in fish on the continental shelf off Argentine. Fisheries Research, 60(2-3): 551-560.

Waessle J.A., Lasta C.A., Favero M. 2003. Otolith morphology and body size relationships for juvenile Sciaenidae in the Rio de la Plata estuary (35-36 S). Scientia Marina, 67(2): 233-240.

Yan T., Hu J., Cai Y., Xiong S., Yang S., Wang X., He Z. 2017. Otolith development in larval and juvenile *Schizothorax davidi*: ontogeny and growth increment characteristics. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 35(5):1197-1204.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

Sagitta otolith shape analysis as a tool for identification of the Caspian Kutum *Rutilus kutum* (Kamenskii, 1901) in the southern coasts of the Caspian Sea

Abbasi F[1]., Ghorbani R[1*]., Salman Mahini A[1]., Ramezanpour S.S[1]., Trueman C.N[2]., Jackson A.L[3].

[1]Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[2] The University of Southampton, Southampton, United Kingdom
[3]Trinity College Dublin, the University of Dublin, Dublin, Ireland

Received: 19-09-2019; Accepted: 25-12-2019

Abstract

The present study aimed to describe the otolitxsh morphology of the Caspian kutum (*R. kutum*) in the southern coasts of the Caspian Sea. The current knowledge on the stock structure is scarce for the management and protection purposes of this valuable species. This study was carried out using sagitta otolith as an effective tool for identification of the Caspian kutum population structure. A total of 153 individuals fish were collected from ten beach seine of bony fish cooperatives in the southern coasts of the Caspian Sea (Astara, Bandar-e Anzali, Rudsar, Tonekabon, Nowshahr, Babolsar, Sari, Miankaleh (Golestan Province), Khajeh Nafas, and Gomishan) from 2016 to 2017. Otolith shape indices were analyzed using univariate and multivariate statistics. Otolith shape analyses showed some regional differences. The rate of reclassification of sampled fish were around 40-60% at the sampling stations which indicating no single population. However, using differential analysis and MANOVA/CVA showed that there were four distinct spatial groups including the first group from Gomishan, the second group from Khajeh Nafas, Miankaleh, Sari, Babolsar, the third group from Nowshahr, Tonekabon, Rudsar and the fourth group from Bandar-e Anzali and Astara. Consequently, data showed the complex spatial dynamics of the Caspian kutum.

Keywords: *R. kutum*, Otolith morphometry, Distribution, Southern part of the Caspian Sea.

*Corresponding author; rasulghorbani@gmail.com

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]