



بررسی تفاوت‌های درون گونه‌ای (*Istigobius ornatus* (Rüppell, 1830) سواحل مکران به

روش ریخت سنجی هندسی

نسیم حسینی^۱؛ فاطمه طباطبایی یزدی^{۱*}؛ ظهیر شکوه سلجوقی^۲

۱- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

۲- گروه آبی پروری، شرکت مهندسی مشاور طوس آب، مشهد

Email: f.tabatabaei@um.ac.ir

چکیده

گاوماهیان (Gobiidae) یکی از بزرگترین خانواده‌های ماهی در جهان است. این مطالعه با هدف بررسی خصوصیات ریخت سنجی گونه *Istigobius ornatus* (Rüppell, 1830) از خانواده گاوماهیان از سواحل مکران، جنوب شرقی ایران انجام شد. در مجموع ۲۵ نمونه از سه ایستگاه با نوع بستر متفاوت، تیس، لیپار و دریا بزرگ، از بهار تا تابستان ۱۳۹۷ صید و به آزمایشگاه منتقل شدند. از هر سه سطح پستی، جانبی و شکمی نمونه‌ها عکس برداری و با استفاده از نرم افزارهای TpsDig2 تعداد ۱۲ لندمارک از سطح پستی، ۲۰ لندمارک از سطح جانبی چپ و تعداد ۱۹ لندمارک از سطح شکمی نمونه‌ها انتخاب و رقومی سازی شد. برای بررسی تفاوت‌های ریختی، داده‌های شکل بر اساس داده‌های مختصات نشانگر با استفاده از آزمون‌های PCA، CVA و Cluster Analysis مورد تحلیل قرار گرفت و شکل بدن هر جمعیت نسبت به شکل میانگین کلی مصورسازی گردید. نتایج آنالیزهای چند متغیره تفاوت معنی داری را از نظر شکل بدن بین جمعیت‌های مورد مطالعه نشان داد. براساس تجزیه و تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های مورد مطالعه در سطح پستی و شکمی دو ایستگاه تیس و لیپار شباهت بیشتری با یکدیگر داشته و با جمعیت ایستگاه دریا بزرگ متفاوت بودند و در سطح جانبی جمعیت ایستگاه لیپار متفاوت از دو ایستگاه دیگر بود. نتایج این مطالعه، انعطاف پذیری ریختی شکل بدن را در جمعیت‌های مورد مطالعه تحت تأثیر شرایط محیطی تایید نمود. تفاوت‌های ریختی مشاهده شده را می‌توان متأثر از شرایط زیستی ایستگاه‌ها مثل تیپ بستر دانست.

واژگان کلیدی: گاوماهی، مکران، انعطاف پذیری ریختی



Investigating the intra specific differences in *Istigobius ornatus* (Rüppell, 1830) species Makran beaches by geometric morphometric method

Nasim Hosseini¹; Fatemeh Tabatabaei Yazdi^{1*}; Zoheir Shokouh Saljoghi²

1- Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad

2- Aquaculture group, Toosab Consulting Engineers Company, Mashhad
Email: f.tabatabaei@um.ac.ir

Abstract

Gobiidae is one of the largest fish families in the world. This study aimed to investigate the geometric characters of *Istigobius ornatus* (Rüppell, 1830) of Gobiidae family from Makran coast, South-East of Iran. A total of 25 samples from three stations with different bedsea type, Tis, Lipar and Darya-Bozorg, were caught since spring to summer 2018 and transferred to the laboratory. Samples were taken from all three levels of the dorsal, lateral and ventral surfaces, using TpsDig2 software. To investigate the morphological differences, shape data based on landmarks coordinates data were analysed using PCA, CVA, and Cluster Analysis tests, and the body shape of each population was illustrated relative to the average total shape. The results of multivariate analyzes showed a significant difference in body shape between the studied populations. Based on the cluster analysis, at the dorsal and ventral levels, Tis and Lipar populations were more similar to each other than the population of the Darya Bozorg Station. The results of this study confirmed the morphological plasticity of the body shape in the studied populations under the influence of environmental conditions. The morphological plasticity can be considered to be affected by the biological conditions of habitats.

Keywords: Gobiidae, Makran, Morphological plasticity.



مقدمه

گاوماهیان از بزرگترین و متنوعترین خانواده ماهیان دریایی می‌باشد (۷، ۹). این خانواده پراکنش جهانی داشته که اغلب در دریاها و گرم یافت می‌شوند، با این حال شماری از گونه‌های آن وارد آب‌های شیرین شده است (۱). تعداد اعضاء این خانواده در حدود ۲۵۸ جنس و ۱۸۵۰ گونه می‌باشد (۸). خانواده گاوماهیان مؤلفه‌های مهمی از ماهیان آب‌های شیرین و شور در دو زیستگاه گرمسیری و معتدل در سراسر جهان هستند. آن‌ها به دلیل توانایی خود در سازگاری و همچنین تنوع بالا، در طیف گسترده‌ای از محیط‌ها قابلیت زیست دارند. از این رو تغییرات زیادی در شکل سر و بدن و ترجیحات زیست محیطی (زیستگاه‌های تازه، شکننده یا دریایی) ایجاد شده است (۲۰). لذا، اعضای این خانواده بسیار مناسب برای انجام مطالعات انعطاف پذیری ریختی هستند و در این پژوهش به مطالعه گونه *Istigobius ornatus* (Rüppell, 1830) پرداخته شده است.

گونه‌های جنس *Istigobius* در اصل ساکن مناطق ماسه‌ای می‌باشند که بسیاری از آن‌ها با صخره‌های مرجانی در ارتباطند (۱۴). گوبی زینتی، (۱۵) *Istigobius ornatus* که از جنس *Istigobius* است، در اقیانوس هند و هندوستان یافت می‌شود. علاوه بر اینکه از ماهی‌های زینتی دریایی است، پتانسیل بسیار خوبی برای انجام پاکسازی شن و ماسه و ماهی‌های دیگر در آکواریوم‌های خانگی دارد که می‌تواند شن و ماسه را تمیز و سفید نگه داشته و پس‌مانده رژیم‌های غذایی ماهی را پاک نماید. در طی سه دهه گذشته علاقه به *I. ornatus*، به علم استخوان شناسی، طبقه بندی و بوم شناسی این گونه معطوف شده است (۱۳، ۱۴). نخستین بار این گونه به عنوان *Acentrogobius ornatus* (Rüppell, 1830) توسط Vijayaraghavan (۱۹۷۳) در هند شناخته شد، اما اکنون مترادف بزرگی برای *I. ornatus* است، که بر اساس کلیدهای شناسایی مورد بررسی قرار گرفته است (۱۴).

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این تحقیق تعداد ۲۵ نمونه گاوماهی *Istigobius ornatus* (Rüppell, 1830) بصورت تصادفی در طی فصل بهار و تابستان ۱۳۹۷ از سه ایستگاه تیس، دریا بزرگ و لیپار به ترتیب با بستری گلی، صخره‌ای و سنگریزه‌ای واقع در سواحل دریای مکران، جنوب شرقی ایران، با استفاده از تور دستی صید و در الکل ۹۶ درصد نگهداری و به آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شدند. نمونه‌های معیوب و دارای چولگی حذف و نمونه‌های سالم شماره زنی و لندمارک گذاری گردید.

آنالیز شکل و اندازه به روش ریخت سنجی هندسی

آنالیز شکل (Shape)

در روش لندمارک تراز کردن نمونه‌ها براساس روش Generalized (Procrustes) Least Squares (GLS=GPA) orthogonal انجام می‌شود (۱۵). مختصات نشانه‌گذاری‌های تراز شده برای هر نمونه میانگین گیری شد تا یک آرایش فضایی میانگین (Consensus) ایجاد شود. این آرایش فضایی میانگین، در واقع تعریفی از یک نقطه تانژانتی را بین فضای شکل و تقریب خطی متأثر از تابع شبکه تغییر شکل (thin-plate spline) در فضای اقلیدسی ارائه می‌دهد. شبکه تغییر شکل (۲). برای نمایش گرافیکی جهت تغییرات شکل نسبت به شکل مرجع به کار می‌رود. این تکنیک شامل انطباق یک تابع با مختصات نشانه‌گذاری‌های هر نمونه در مقابل شکل مرجع است، به طوری که کلیه نشانه‌گذاری‌های همولوگ برهم منطبق می‌گردند (۳، ۴). برای هر آنالیز PCA و CVA، شبکه تغییر شکل برای ابتدا و انتهای هر PC و CV تعیین و بر روی نمودار تحلیل مولفه‌های اصلی (Principal Component Analysis) و تحلیل متغیرهای کانونی (Canonical Variate Analysis) منطبق شد تا تفسیر جهت تغییر شکل بین جمعیت‌ها و گونه‌ها را به سادگی مقدور سازد. برای نمایش پراکنش افراد در فضای حاصل از کلیه متغیرها و بررسی تغییرات در بین نمونه‌ها تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) انجام شد. به منظور مطالعه حداکثر جدایی بین جمعیت‌ها، آنالیز متغیرهای کانونی (CVA) مورد استفاده قرار گرفت. به

منظور تراز کردن نمونه‌ها، آنالیزهای PCA و CVA و استخراج شبکه‌های تغییر شکل نرم افزار PAST (version 2.17) و MorphoJ (version 1.06) مورد استفاده قرار گرفت. به منظور ارزیابی الگوی کلی تشابهات ریخت سنجی هندسی در میان نمونه‌ها، تحلیل خوشه‌ای میانگین حسابی بین گروهی غیر وزنی Group UPGMA (Unweighted Pair Method with Arithmetic Mean) بر روی ماتریس فواصل اقلیدسی بین میانگین نمونه‌ها انجام شد. برای انجام این تحلیل از نرم افزار PAST استفاده شد و اعتبار درخت حاصل با ۱۰۰۰۰ بار تکرار تخمین زده شد. آنالیز اندازه (Size)

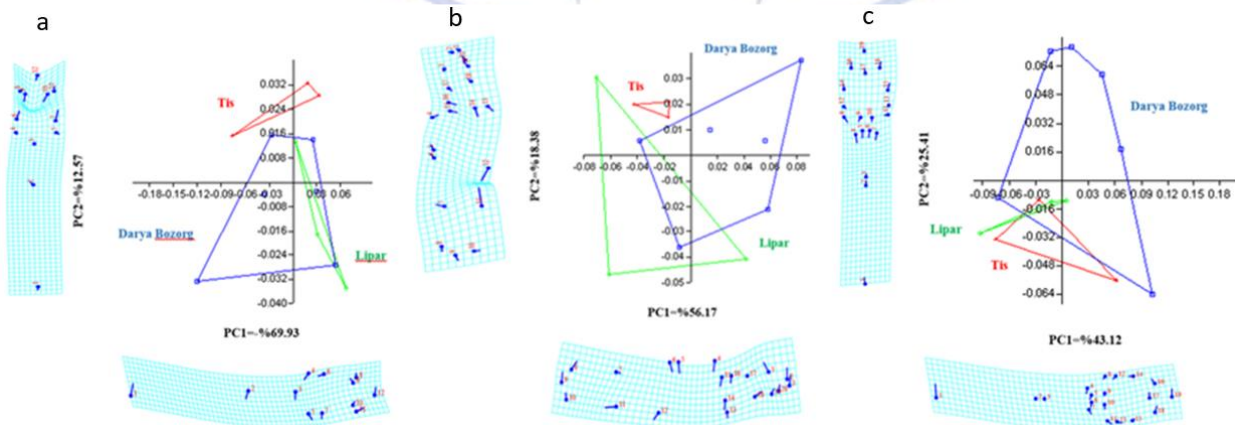
اندازه در قالب اندازه مرکزی (Centroid Size) در نرم افزار PAST محاسبه شد. اندازه مرکزی به صورت جذر مجموع مربعات فواصل هر لندمارک از مرکز ثقل محاسبه می‌گردد. این متغیر هیچ ارتباطی با متغیرهای شکل نداشته و بصورت مستقل از آن فقط به منظور تراز کردن نمونه‌ها استفاده می‌شود. برای مشخص نمودن تفاوت‌های معنی‌دار بین جمعیت‌های درون‌گونه‌ای از تحلیل واریانس در PAST و آنالیز GLM و آزمون دانکن در نرم افزار SPSS استفاده گردید. همچنین برای مقایسه اندازه بین گونه‌ها و نمایش تفاوت بین گروه‌ها، نمودار Box-Plot در نرم افزار SPSS ترسیم شد.

نتایج

آنالیز شکل (Shape)

تجزیه و تحلیل داده‌های چند متغیره داده‌های شکل به شیوه ریخت سنجی هندسی و بر روی داده‌های سه سطح پشتی (Dorsal)، جانبی (Lateral) و شکمی (Ventral) انجام گرفته است که به تفکیک برای سه سطح مذکور در ذیل آورده شده است:

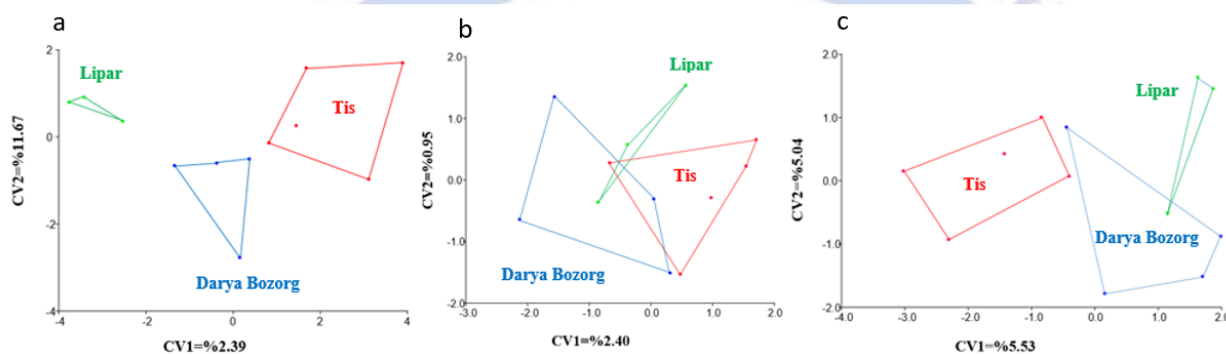
تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) برای بررسی اختلافات سطح پشتی جمعیت‌های سه ایستگاه از گونه *I. ornatus* نشان داد که میزان مقدار ویژه Eigen value از (Jolliffe cut-off=۰/۰۰۰۲۷۹۵) بیشتر است و مولفه‌ها مجموعاً بیش از ۸۰ درصد ($PC1=69\%/93$ و $PC2=12\%/57$) از اختلافات شکلی را بیان می‌نمایند (شکل ۱a). بررسی اختلافات سطح جانبی نشان داد که میزان مقدار ویژه Eigen value از (Jolliffe cut-off=۰/۰۰۰۲۸۷۵) بیشتر است و مولفه‌ها مجموعاً بیش از ۸۰ درصد ($PC1=56\%/117$ و $PC2=18\%/38$) از اختلافات شکلی را بیان می‌نمایند (شکل ۱b). همچنین بررسی اختلافات سطح شکمی نشان داد که میزان مقدار ویژه Eigen value از (Jolliffe cut-off=۰/۰۰۰۵۵۴۸) بیشتر است و مولفه‌ها مجموعاً بیش از ۶۸ درصد ($PC1=43\%/12$ و $PC2=25\%/41$) از اختلافات شکلی را بیان می‌نمایند (شکل ۱c). در مجموع به نظر می‌رسد لندمارک‌هایی که در نمای پشتی در قسمت سر قرار داشتند، در نمای جانبی در قسمت میانی بدن، در طول باله‌های سینه‌ای و مخرجی و در نمای شکمی لندمارک‌های مرتبط با باله سینه‌ای مهمترین لندمارک‌ها برای شناسایی تفاوت‌های بین جمعیت‌ها شناسایی شدند.



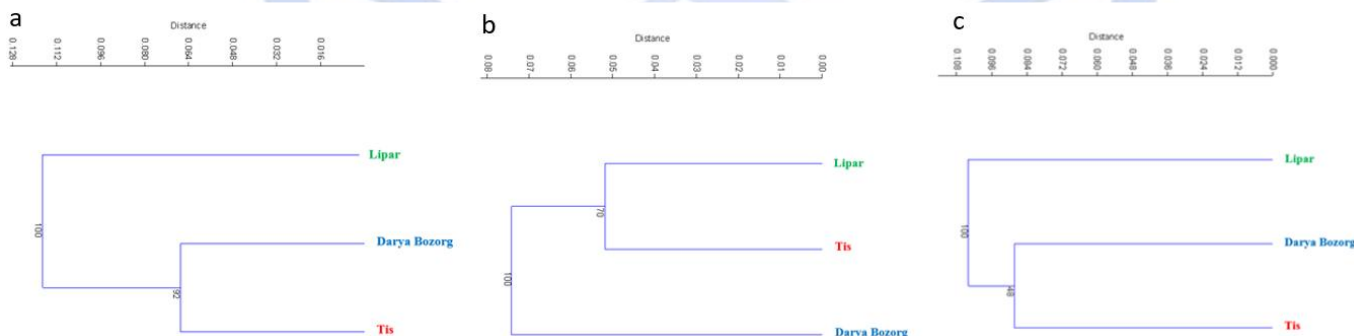
شکل ۱- نمودار مولفه‌های اصلی (PCA) بر روی جمعیت‌های سه ایستگاه گونه *I.ornatus* سطح پشتی (a)، سطح جانبی (b) و سطح شکمی (c).

تجزیه و تحلیل متغیرهای کانونی (CVA) حداکثر جدایی را براساس متغیرهای مورد مطالعه بین سه جمعیت گونه *I.ornatus* را بر روی سطح پشتی نشان داد. مقدار CV_1 و CV_2 به ترتیب ۲/۳۹٪ و ۱۱/۶۷٪ بود، که براساس آنالیز CV تفاوت معنی‌داری ($p < 0.05$) میان شکل جمعیت‌های مورد مطالعه وجود داشت (شکل a۲). براساس سطح جانبی متغیرهای مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری ($p < 0.05$) را نشان نداد و مقدار CV_1 و CV_2 به ترتیب ۲/۴۰٪ و ۰/۹۵٪ بود (شکل b۲). با توجه به سطح شکمی تفاوت معنی‌داری ($p < 0.05$) براساس متغیرهای مورد مطالعه میان شکل جمعیت گونه‌ها مشاهده گردید و مقدار CV_1 و CV_2 به ترتیب ۵/۵۳٪ و ۵/۰۴٪ بود (شکل c۲).

تحلیل خوشه‌ای بر اساس فاصله اقلیدسی با ۱۰۰۰۰ تکرار برای سه جمعیت گونه *I.ornatus* نشان داد که برای سطح پشتی، جمعیت ایستگاه لیپار (شکل a۳)، برای سطح جانبی، جمعیت ایستگاه دریا بزرگ (شکل b۳) و در نهایت برای سطح شکمی همانند سطح پشتی، جمعیت ایستگاه لیپار (شکل c۳) دارای تفاوت بیشتری با سایر جمعیت‌ها می‌باشد.



شکل ۲- نمودار آنالیز CVA بر روی جمعیت‌های سه ایستگاه گونه *I.ornatus* سطح پشتی (a)، سطح جانبی (b) و سطح شکمی (c).



شکل ۳- دندوگرام UPGMA سه ایستگاه تیس، دریا بزرگ و لیپار برای گونه *I.ornatus* بر اساس ضریب مربع فاصله اقلیدسی تحلیل خوشه‌ای بر اساس فاصله اقلیدسی با ۱۰۰۰۰ تکرار سطح پشتی (a)، سطح جانبی (b) و سطح شکمی (c). آنالیز اندازه (Size)

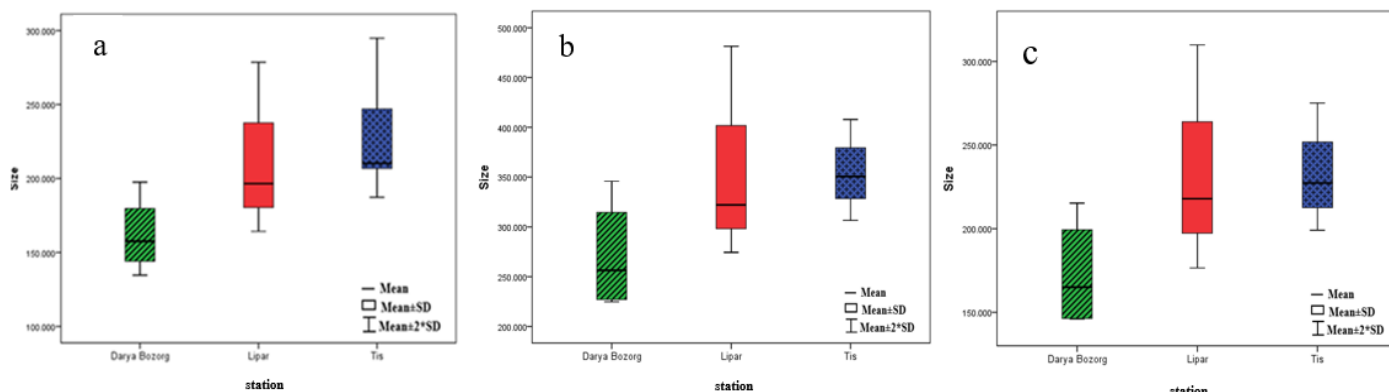
آنالیز حاصل از آزمون GLM و دانکن، از ۲۲ شاخص مورد بررسی، ۶ شاخص شامل فاصله بین پوزه و دهان (نوک پوزه تا انتهای دهان) (۱-۲)، فاصله بین پوزه و جلوی چشم (۱-۳)، قطر سر (۳-۴)، فاصله بین پشت چشم و باله‌های شکمی (۳-۶)، فاصله بین حلق و شروع باله شکمی (۴-۶)، فاصله بین جلو و پشت باله پشتی I (۵-۷) را در سطح پشتی سه جمعیت گونه *I.ornatus* دارای تفاوت معنی‌دار نشان داد ($p < 0.05$). در سطح جانبی نیز از ۲۸ شاخص مورد بررسی، ۶ شاخص شامل فاصله بین جلوی باله پشتی II و باله مخرجی (۸-۹)، طول باله مخرجی (۸-۱۰)، فاصله بین جلوی باله مخرجی و پشت باله پشتی II (۸-۱۱)، فاصله بین جلوی باله پشتی II و پشت باله مخرجی (۹-۱۰)، طول باله پشتی II (۹-۱۱)، فاصله بین پشت باله مخرجی و پشت باله پشتی II (۱۰-۱۱) را دارای تفاوت معنی‌دار نشان داد ($p < 0.05$).

همچنین از ۲۷ شاخص مورد بررسی، ۳ شاخص شامل فاصله بین جلو باله پشتی و باله مخرجی (۸-۵)، فاصله بین جلوی باله پشتی II و پشت باله مخرجی (۱۰-۹)، فاصله بین پشت باله مخرجی و جلوی باله دم (۱۲-۱۰) را در سطح شکمی دارای تفاوت معنی دار ($p < 0.05$) نشان داد (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار محاسبه شده (تفاوت‌های معنی دار) سه سطح پشتی، جانبی و شکمی جمعیت‌های گونه *I. ornatus* در سه ایستگاه تیس، لیپار و دریا بزرگ (سواحل مکران، خلیج فارس).

سطح	Mean \pm SD			شاخص
	Darya Bozorg	Lipar	Tis	
Dorsal	^a ۸۱/۱۴ \pm ۲۸/۵۶	^{ab} ۱۱۳/۲۹ \pm ۹۴/۹۴	^b ۱۲۱/۲۰ \pm ۸۳/۳۱	۲-۱
	^a ۱۱۶/۱۸ \pm ۷۵/۱۵	^{ab} ۱۵۷/۴۲ \pm ۴۰/۸۰	^b ۱۶۷/۲۸ \pm ۹۲/۹۰	۳-۱
	^a ۱۵/۲ \pm ۶۰/۵۹	^b ۲۲/۵ \pm ۰/۴۳	^{ab} ۲۰/۲ \pm ۴۳/۴۴	۴-۳
	^a ۲۳/۳ \pm ۴۴/۴۰	^{ab} ۲۹/۵ \pm ۴۴/۴۸	^b ۳۴/۴ \pm ۵۶/۹۹	۶-۳
	^a ۱۰/۱ \pm ۳۹/۸۶	^a ۱۰/۲ \pm ۶۰/۰۱	^b ۱۸/۳ \pm ۹۳/۳۴	۶-۴
	^a ۸/۲ \pm ۲۷/۹۸	^{ab} ۱۰/۰ \pm ۴۸/۶۴	^b ۱۲/۶ \pm ۲۴/۰۶	۷-۵
Lateral	^a ۱۰/۱ \pm ۴۷/۰۷	^{ab} ۱۵/۴ \pm ۱۷/۳۰	^b ۱۸/۳ \pm ۹۹/۷۳	۹-۸
	^a ۱۸/۰ \pm ۵۸/۶۰	^{ab} ۲۶/۸ \pm ۸۵/۲۰	^b ۳۴/۱۰ \pm ۸۵/۱۸	۱۰-۸
	^a ۴۴/۴ \pm ۲۴/۹۸	^b ۶۰/۴ \pm ۵۰/۴۵	^b ۶۱/۱۳ \pm ۰۰/۰۰	۱۱-۸
	^a ۱۰/۱ \pm ۵۹/۲۴	^{ab} ۱۵/۴ \pm ۹۳/۸۹	^b ۲۱/۷ \pm ۲۴/۶۹	۱۰-۹
	^a ۴۵/۴ \pm ۶۰/۵۰	^b ۶۴/۵ \pm ۱۸/۸۰	^b ۶۵/۱۲ \pm ۵۵/۳۱	۱۱-۹
	^a ۳۹/۴ \pm ۴۶/۴۲	^b ۵۵/۴ \pm ۵۳/۵۳	^b ۵۵/۸ \pm ۰۳/۰۰	۱۱-۱۰
Ventral	^a ۱۷/۱ \pm ۲۳/۳۳	^{ab} ۲۲/۵ \pm ۱۱/۲۶	^b ۲۵/۴ \pm ۴۴/۶۸	۸-۵
	^a ۷/۲ \pm ۵۳/۷۳	^{ab} ۱۲/۴ \pm ۶۲/۰۷	^b ۱۲/۲ \pm ۹۸/۹۰	۱۰-۹
	^a ۲۲/۲ \pm ۵۱/۷۱	^{ab} ۲۸/۸ \pm ۹۱/۲۸	^b ۳۴/۶ \pm ۴۵/۱۰	۱۲-۱۰

حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵ می باشد.



شکل ۴- نمودارهای جعبه‌ای برای مقایسه سه جمعیت گونه *I. ornatus* بر اساس سطح پشتی (a)، سطح جانبی (b) و سطح شکمی (c)

بحث و نتیجه گیری

روش ریخت سنجی هندسی روشی جدید و مدرن می باشد که لندمارک گذاری‌ها و کلیه آنالیزهای داده‌ها با استفاده از نرم افزارها به راحتی انجام می شود. تجزیه و تحلیل آماری در ریخت سنجی هندسی با استفاده از مختصات شکل



پروکراست صورت می‌گیرد و تمامی متغیرهای شکل دارای واحدهای مشابه هستند. تجزیه و تحلیل بر روی ماتریس کوواریانس استوار است و یک معیار اندازه ای (متریک) خوب تعریف شده (اندازه پروکراست) وجود دارد (۱۲).

تفسیر علل به وجود آمدن اختلاف ریختی میان جمعیت گونه‌های مختلف کار بسیار دشواری است. به طور کلی می‌توان گفت این تغییرات هم ناشی از شرایط و عوامل محیطی و هم ناشی از اختلافات ژنتیکی به وجود آمده در طول چند نسل در فواصل زمانی طولانی و با علل متفاوت است (۱۹). پاسخ جانوران در برابر تغییرات محیطی بسیار سریعتر از تغییرات ژنتیکی است و به صورت چند ژنی کنترل می‌شوند (۱۸).

تحلیل شکل بر اساس داده‌های سطح پشتی و شکمی گونه *I. ornatus* نشان داد که جمعیت ایستگاه لیپار بیشترین تفاوت را دارا بوده و بر اساس داده‌های سطح جانبی جمعیت‌های ایستگاه دریا بزرگ بیشترین تفاوت را نمایان ساخت. تحلیل اندازه در سطح پشتی جمعیت‌های گونه *I. ornatus* نشان داد که اختلافات عمدتاً در قسمت سر قرار داشتند، در سطح جانبی اختلافات عمدتاً در قسمت میانی بدن و فاصله بین باله‌های پشتی و مخرجی قرار داشتند و در سطح شکمی اختلافات عمدتاً در عرض بدن و فاصله بین باله‌های پشتی و مخرجی قرار داشت. همچنین نتایج آنالیز اندازه در سه سطح پشتی، جانبی و شکمی نشان داد که جمعیت ایستگاه دریا بزرگ کوچکترین اندازه و جمعیت ایستگاه تیس بزرگترین اندازه را دارا بودند.

مطالعه جنبه‌های مختلف زیستی ماهیان از نظر تکاملی، بوم‌شناسی، تنوع زیستی، حفاظت، مدیریت منابع آبی و اهداف پرورش و مدیریت بهره برداری از ذخایر حائز اهمیت است (۱۰). طبق مطالعات انجام گرفته محققان اظهار داشته‌اند که حتی در بین جمعیت‌های مختلف از یک گونه، شرایط زیستگاهی می‌تواند تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر صفات ریختی ماهیان اعمال کند (۶، ۱۶). از بررسی تفاوت‌های ریختی و ژنتیکی که به واسطه جدا افتادگی جغرافیایی جمعیت‌ها رخ داده، در صورتی که این فرایند مدت زمان کافی به طول بیانجامد، می‌توان جهت شناسایی و تمایز جمعیت‌های مختلف ماهیان در زیستگاه‌های مختلف استفاده نمود (۲۱).

نتایج این تحقیق نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه به لحاظ ریختی از یکدیگر متمایز می‌باشند. با استفاده از ریخت سنجی هندسی تمایز بین جمعیت‌های مورد بررسی کاملاً آشکار شد که این تمایز ریختی می‌تواند وابسته به سازگاری به ویژگی‌های زیستگاه آن‌ها و وضعیت رقابت بین‌گونه‌ای حتی تعلق احتمالی آن‌ها به آرایه‌های متفاوت باشد (۱۱). در نهایت انتخاب طبیعی سبب افزایش کارایی یک ریخت در بین افراد یک زیستگاه و همچنین سازگاری‌های ریختی و واگرایی بین جمعیت‌های آن در زیستگاه‌های مختلف می‌شود، که سبب گونه‌زایی نیز می‌گردد (۱۷).

با توجه به مطالعات ریخت سنجی هندسی انجام گرفته جدایی جمعیت‌ها یا به عبارتی اکوتیپ‌های این سه ایستگاه تایید گردید، که تفاوت در بستر این سه ایستگاه از علل اصلی تفاوت در بین جمعیت‌های این سه ایستگاه بوده است. اما با وجود تنوع مورفولوژیکی بالای این خانواده و همچنین پراکنش گسترده آن‌ها در امتداد خلیج فارس و دریای عمان، نیاز به بررسی‌های جامع‌تری بر روی گونه‌های مورد مطالعه بوسیله مطالعه ژنتیکی وجود دارد.



منابع

(۱) عبدلی، ا. (۱۳۹۵). راهنمای میدانی ماهیان آب‌های داخلی ایران. انتشارات ایران شناسی.

- 1) Bookstein, F.L. (1989). "Size and Shape": A Comment on Semantics. *Systematic Zoology*, 38(2):173-180.
- 2) Bookstein, F.L. (1989). Principal warps: thin-plate splines and the decomposition of deformations. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 11(6): 567 – 585.
- 3) Bookstein, F.L. (1991). *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. Cambridge Univ. Press, 435 pp.
- 4) Bookstein, F.L. (1996). *Landmark Methods for Forms Without Landmarks: Localizing Group Differences in Outline Shape*.
- 5) Cadrin, S. X. (2000). Evaluating Two Assessment Methods for Gulf of Maine Northern Shrimp Based on Simulations. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 27: 119-132.
- 6) Chakrabarty, P., Davis M.P., and Sparks, J.S. (2012). The first record of a trans-oceanic sister-group relationship between obligate vertebrate troglobites. *PLoS One*, 7(8): e44083.
- 7) FishBase(www.fishbase.org seen on, 14 January 2020).
- 8) Fricke, R., Eschmeyer, W.N., van der Laan, R. (2019). Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species references. Available from: <https://www.calacademy.org/scientists/projects/eschmeyers-catalog-of-fishes>. Retrieved 13 April 2019.
- 9) Lagler, K. F., Bardach, J. E., Miller, R. R., and Passino, D. R. M. (1977). *Ichthyology*. 2nd Ed. New York: Wiley. 528 p.
- 10) Langerhans, R.B., Reznick, D.N. (2010). Ecology and evolution of swimming performance in fishes: predicting evolution with biomechanics. In: *Fish locomotion: an ecoethological perspective* (eds. Domenici, P. and Kapoor, B. G.). Science Publishers Inc, Enfield, 200-248.
- 11) Mitteroecker, P., and Gunz, P. (2009). Advances in Geometric Morphometrics. *Evolutionary Biology*, 36: 235-247.
- 12) Murdy, E.O. (1985). Osteology of *Istigobius ornatus*. *Bulletin of Marine Science*, 36: 124– 138.
- 13) Murdy, E.O., and Hoese, D. F. (1989). Revision of the gobiid fish genus *Istigobius* (Indo-Pacific fishes, No 4). Honolulu, Hawaii: Bishop Museum Press.
- 14) Rohlf, F.J. and Slice, D. (1990). Extensions of the Procrustes Method for the Optimal Superimposition of Landmarks. *Systematic Biology*, 39(1):40-59.
- 15) Schluter, D., and McPhail, J.D. (1992). Ecological character displacement and speciation in Sticklebacks. *The American Naturalist*, 140: 85-108.
- 16) Smith, T.B., and Skulason, S. (1996). Evolutionary significance of resource polymorphisms in fishes, amphibians, and birds. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 111-133.
- 17) Soule, M.J., and Couzin, R. (1982). Allometric variation 2. Developmental instability of extreme Phenotypes. *American Naturalist*, 120:765-786.
- 18) Swain, D.P. and Foote, C. J. (1999). Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification. *Fisheries Research*, 43: 113- 128.
- 19) Thacker, C.E. (2014). Species and shape diversification are inversely correlated among gobies and cardinalfishes (Teleostei: Gobiiformes). *Organisms Diversity & Evolution*, 14: 419-436.
- 20) Turan, C. (2004). Stock identification of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using morphometric and meristic characters. *ICES Journal of Marine Science*, 61(5): 774–781.
- 21) TpsSmall: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>.
- 22) MorphoJ: www.flywings.org.uk/morphoJ_page.html.
- 23) PAST: www.folk.uio.no/ohammer/past.
- 24) SPSS: www.ibm.com.
- 25) Tps Dig: www.life.bio.sunysb.edu/ee/rohlf/software.html.