



# الگوی تنوع ریختی گونه‌های جنس *Alburnoides* (Pisces: Cyprinidae) در آب‌های داخلی ایران با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه

سهیل ایگدری<sup>۱\*</sup>، عطا مولودی صالح<sup>۲</sup>، محسن رستمی<sup>۳</sup>، جلیل ایمانی هرسینی<sup>۴</sup>

۱. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲. دانشجوی گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳. کارشناس ارشد گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴. استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۲

## چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی تنوع ریختی ۱۱ گونه جنس *Alburnoides* در ایران با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی به اجرا درآمد. بدین منظور گونه‌های این جنس از ایستگاه‌های مختلف در شش حوضه آبریز داخلی نمونه‌برداری شد. پس از عکسبرداری از نیمرخ چپ ماهیان، تعداد ۱۶ نقطه لندمارک بر روی تصاویر با استفاده از نرم افزار tpsDig2 رقمی سازی شد. داده‌های حاصل، پس از آنالیز پروکراست با استفاده از آنالیزهای آماری چند متغیره PCA، CVA و کلاستر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور بررسی رابطه بین تنوع ریختی و جغرافیایی از آزمون مانتل (mantel test) استفاده شد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ریخت‌های مختلف جنس *Alburnoides* وجود دارد ( $P < 0.05$ ). بر اساس نتایج PCA، گونه‌های *A. nicolausi* و *A. samiii* دارای تنوع ریختی بالاتری نسبت به سایر گونه‌ها بود. تحلیل CVA نیز دو گونه *A. nicolausi* و *A. qanati* را از سایر گونه‌ها تفکیک نمود. بر اساس آنالیز خوشه‌ای، گونه‌های جنس *Alburnoides* به دو گروه تقسیم شدند و *A. nicolausi* و *A. qanati* در یک خوشه و جدا از سایر گونه‌های مورد مطالعه قرار گرفتند. بیشترین فاصله ماهالانوبیس بین گونه‌های *A. holciki* و *A. nicolausi* به دست آمد. نتایج این مطالعه قابلیت روش ریخت‌سنجی هندسی را نسبت به روش‌های سنتی در بیان تفاوت‌های ریختی گونه‌های جنس *Alburnoides* نشان داد.

واژگان کلیدی: ماهی خیاطه، ریخت‌سنجی هندسی، تحلیل همبستگی کانونی، خیاطه قناتی، خیاطه سمیعی.



## Morphological pattern of the genus *Alburnoides* (Pisces: Cyprinidae) in Iranian inland waters using Landmark-based geometric morphometric technique

Soheil Eagderi<sup>1\*</sup>, Atta Mouludi-Saleh<sup>1</sup>, Mohsen Rostami<sup>2</sup>, Jalil Imani Harsini<sup>2</sup>

1. Associate professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

2. Ph.D. student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3. MSc. Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

4. Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Received: 22-Feb-2021

Accepted: 16-May-2021

### Abstract

This work was conducted to evaluate the morphological variations of eleven species of the genus *Alburnoides* in Iran using geometric morphometric method. For this purpose, all species were sampled from different stations of six inland water basins. After photographing from their left side, 16 landmark-points were digitized on their images using tpsDig2 software. The data after Procrustes analysis were analyzed by multivariate statistical analysis including PCA, CVA and cluster analysis. Mantel test was used to investigate the relationship between morphological and geographical variations. The results showed significant differences among the studied *Alburnoides* species in terms of morphology ( $P < 0.05$ ). Based on the results of PCA, *A. samiii* and *A. nicolausi* have higher morphological variations than others. CVA analysis also significantly differentiated *A. nicolausi* and *A. qanati* from others. Based on the cluster analysis, *Alburnoides* species were divided into two groups i.e. *A. nicolausi* and *A. qanati* in a cluster and others in another one. The greatest Mahalanobis distance were obtained between *A. holciki* and *A. nicolausi*. The results of this study revealed the better ability of the Landmark-based geometric morphometric technique than that of the traditional one to show morphological differences in the members of the genus *Alburnoides*.

**Keywords:** Spiralin, Geometric morphometric, Canonical Variate Analysis, *A. qanati*, *A. samiii*.

## ۱. مقدمه

(Esmaeili et al., 2018). برخی مطالعات بر روی تنوع ریختی اعضای این جنس انجام شده است که می‌توان به بررسی تغییرات شکل بدن در جمعیت‌های ماهی خیاطه *(A. eichwaldii)* در حوضه دریای خزر (Eagderi et al., 2013)، تنوع ریختی میان جمعیتی ماهی خیاطه *(A. eichwaldii)* در رودخانه‌های کرگان رود و لمیر در استان گیلان (Haghighy et al., 2015)، بازنگری آرایه‌شناسی چهار گونه توصیف شده از جنس *Alburnoides* با استفاده از ویژگی‌های ریخت‌شناختی (Jouladeh Roudbar et al., 2015)، بررسی اثر سد شهید رجایی بر تنوع و تمایز ریخت‌سنجی و شمارشی ماهی خیاطه *Alburnoides sp.* در رودخانه تجن ساری (Azizi et al., 2015)، بررسی خصوصیات مورفومتریک-مریستییک گونه *A. qanati* در حوضه رودخانه کر (Esmaeili et al., 2011)، برخی خصوصیات ساختار جمعیت ماهی خیاطه *A. bipunctatus* در سرشاخه‌های اصلی رودخانه تالار استان مازندران (Ahmadi et al., 2018)، مطالعه بررسی تنوع ریختی ماهی خیاطه *Alburnoides cf. tabarestanensis* در حوضه گرگانرود (Qojoqi et al., 2019)، بررسی تفاوت‌های ریخت‌شناسی دو جمعیت ماهی خیاطه سمیعی *(A. samiii)* در بالادست و پایین‌دست سد سفیدرود (Mousavi-Sabet and Heidari 2019) می‌توان اشاره کرد.

با توجه به این که هیچ مطالعه جامعی تاکنون روی الگوهای تنوع ریختی گونه‌های جنس *Alburnoides* در ایران صورت نگرفته و مطالعات اخیر نیز براساس تعداد محدودی گونه و براساس روش ریخت‌سنجی سنتی بوده است و با توجه به این که روش ریخت‌سنجی هندسی قابلیت بالایی در تفکیک ریخت ماهیان دارد (Mouludi-Saleh et al., 2019). بنابراین مطالعه حاضر به منظور بررسی تنوع ریختی و تعیین صفات مناسب جهت شناسایی گونه‌های این جنس در ایران با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی به اجرا درآمد.

در شناسایی و توصیف گونه‌ها از روش‌های متعددی از جمله ریخت‌سنجی، بوم‌شناسی، جنین‌شناسی و مولکولی استفاده می‌شود (Rostami et al., 2018). ظهور تکنیک‌های جدید ریخت‌سنجی، به همراه کاربرد روش‌های آماری چندمتغیره، هندسه غیر اقلیدسی و نمودارهای کامپیوتری منجر به تحول در علم ریخت‌سنجی و چیره شدن بر محدودیت‌های ریخت‌سنجی سنتی شده است (Rohlf and Marcus, 1993). در روش هندسی از یک سری نقطه لندها جهت استخراج داده‌های شکل بدن استفاده می‌شود و براساس آن ریخت ماهی مورد تحلیل قرار می‌گیرد (Razavipour et al., 2015). مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های سبیل ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) در حوضه بوشهر (Ghorbani-Ranjbari and Keivany 2018)، تفکیک ریختی جمعیت‌های ماهی سرماری *Channa gachua* (Mouludi-Saleh et al., 2019)، بررسی انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن ماهی کاراس *(Eagderi et al., 2020a)*، تغییرات ریختی جمعیت‌های ماهی سفید رودخانه در بخش جنوب غربی حوضه خزر (Mouludi-Saleh et al., 2020a)، مقایسه ریخت‌شناسی گونه‌های جنس *Cobitis* در آب‌های داخلی ایران (Eagderi and Mouludi-Saleh, 2020) و بررسی تنوع ریختی دوازده جمعیت گونه گل چراغ *Garra rufa* (Zamani-Faradonbe et al., 2020) با استفاده از این روش به اثبات رسیده است.

ماهیان جنس خیاطه *Alburnoides* در ایران دارای ۱۲ گونه شامل *A. coadi*، *A. damghani* (حوضه دشت کویر)، *A. samiii*، *A. parhami*، *A. eichwaldi* و *A. holciki* (حوضه دریای خزر)، *A. tabarestanensis* (حوضه هریرود)، *A. idignensis*، *A. nicolausi* (حوضه رودخانه تیگره)، *A. namaki* (حوضه دریاچه نمک)، *A. petrubanarescui* (حوضه دریاچه ارومیه) و *A. qanati* (حوضه رودخانه کر) در ایران است

## ۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۱ گونه از جنس *Alburnoides* از روخانه‌های هریرود (حوضه هری‌رود)، بابا امان (سرشاخه اترک)، تجن، سفیدرود، قره‌سو (حوضه دریای خزر)، چشمه‌علی دامغان، نمرود (حوضه دشت کویر)، قره‌چای (حوضه دریاچه نمک)، بیدسرخ، نورآباد (حوضه تیگریس) و پلوار (حوضه کر) نمونه‌برداری و مختصات محل صید و تعداد نمونه‌ها ثبت گردید (جدول ۱). برای مطالعات بعدی تنها نمونه‌های بدون بدشکلی استفاده گردید. نمونه‌برداری از ماهیان در هر ایستگاه با استفاده از دستگاه الکتروشوکر صورت گرفت. پس از صید در محلول فرمالین بافری ۴ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. برای استخراج داده‌های ریختی، از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال کداک (Kodak) با قدرت تفکیک ۶/۲ مگاپیکسل عکسبرداری صورت گرفت. سپس با استفاده از نرم‌افزار tpsDig2 v 2.10 تعداد ۱۶ لندمارک تعریف و رقومی‌سازی شد (شکل ۱). ابتدا جهت حذف اثرات غیرشکل (شامل مقیاس، جهت و موقعیت) از داده‌های مستخرج لندمارک-پایه، آنالیز پروکراسه

(Generalized Procrustes Analysis) صورت گرفت. سپس داده‌های شکل بدن گونه‌های مورد مطالعه با استفاده آنالیزهای چندمتغیره تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل همبستگی کانونی (CVA) براساس ارزش عدد  $P$  حاصل از آزمون تحلیل واریانس چند متغیره غیر پارامتریک (NPMANOVA) براساس جایگشت (Permutation test) با ده هزار تکرار و آنالیز خوشه‌های (Cluster Analysis) با انتخاب الگوریتم‌های Paired group و Eucilidean در نرم‌افزارهای MorphoJ و PAST 2.17b (Hammer *et al.*, 2001) مورد تحلیل قرار گرفت. همچنین مصورسازی تغییرات شکل بدن براساس میانگین شکل جمعیت‌ها نسبت به شکل میانگین کل (Consensus configuration) با استفاده از شبکه تغییر شکل در نرم‌افزار MorphoJ انجام شد (Klingenberg, 1998). به منظور بررسی رابطه بین تنوع ریختی و جغرافیایی از آزمون مانتل (Mantel test) استفاده شد که در این آزمون ۵ مولفه موثر در آنالیز PCA به عنوان داده‌های ریخت به همراه مختصات جغرافیایی مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری گونه‌های مختلف جنس *Alburnoides*.

تعداد	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ایستگاه	حوضه	گونه
۱۴	۳۵°۵۷′	۶۱°۰۵′	هریرود	هریرود	<i>A. holciki</i>
۲۷	۳۷°۲۹′	۵۷°۲۶′	بابا امان	دریای خزر	<i>A. parhami</i>
۱۴	۳۶°۱۱′	۵۳°۱۹′	تجن	دریای خزر	<i>A. tabarestanensis</i>
۸۳	۳۶°۵۳′	۴۹°۳۰′	سفیدرود	دریای خزر	<i>A. samiii</i>
۱۹	۳۸°۳۰′	۴۸°۰۱′	قره‌سو	دریای خزر	<i>A. eichwaldii</i>
۳۷	۳۶°۱۶′	۵۴°۰۴′	چشمه‌علی	دشت کویر	<i>A. damghani</i>
۲۴	۳۵°۴۲′	۵۲°۳۹′	نمرود	دشت کویر	<i>A. coadi</i>
۱۸	۳۴°۵۳′	۵۰°۰۲′	قره‌چای	دریاچه نمک	<i>A. namaki</i>
۲۰	۳۶°۲۴′	۴۷°۴۵′	بیدسرخ	تیگریس	<i>A. idignensis</i>
۱۷	۳۴°۰۳′	۴۷°۵۸′	نورآباد	تیگریس	<i>A. nicolausi</i>
۱۷	۲۹°۵۲′	۵۲°۵۴′	پلوار	کر	<i>A. qanati</i>



شکل ۱- موقعیت لندمارک‌های تعیین شده بر روی گونه‌های مورد مطالعه

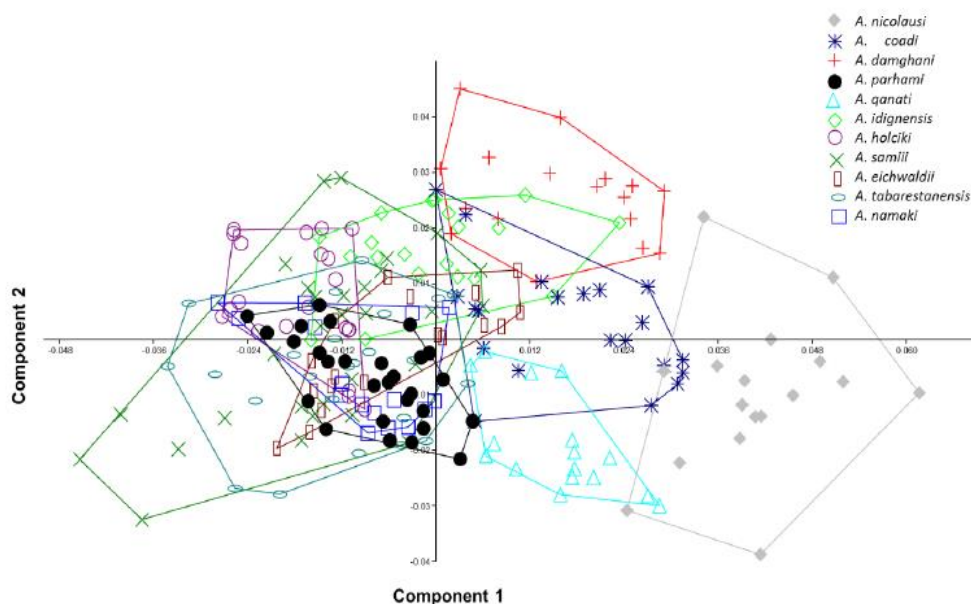
۱. ابتدایی‌ترین بخش پوزه در قسمت فک بالا، ۲. ابتدای چشم، ۳. انتهای چشم، ۴. نقطه بالای مرکز چشم در قسمت فوقانی سر، ۵. نقطه پایین مرکز چشم در قسمت تحتانی سر، ۶. بخش خلفی سر در امتداد خط عمود بر انتهای سرپوش آبششی، ۷. انتهای‌ترین قسمت سرپوش آبششی، ۸. منشاء قاعده‌ی باله پشتی، ۹. انتهای قاعده‌ی باله پشتی، ۱۰. انتهای بالایی ساقه دم در محل اتصال به باله دم، ۱۱. انتهای ساقه‌ی دم، ۱۲. انتهای پایینی ساقه دم در محل اتصال به باله دم، ۱۳. انتهای قاعده‌ی باله‌ی مخرجی، ۱۴. منشاء قاعده‌ی باله‌ی مخرجی، ۱۵. ابتدایی‌ترین نقطه‌ی قاعده‌ی باله‌ی سینه‌ای و ۱۶. محل اتصال سر به تنه در قسمت تحتانی.

### ۳. نتایج

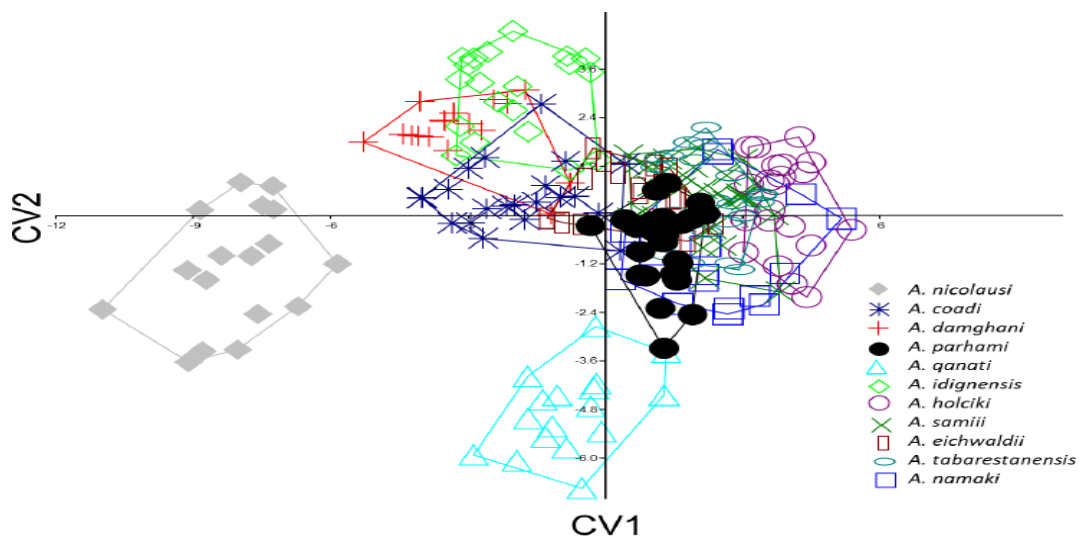
براساس دو مولفه اول، از بین ۱۱ گونه مورد مطالعه، گونه‌های *A. samiii* و *A. nicolausi* دارای تنوع ریختی درون گونه‌ای بالاتری بودند (شکل ۲).

نتایج CVA شکل بدن گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که دو گونه *A. nicolausi* و *A. qanati* به طور قابل توجهی از سایر گونه‌ها متمایز هستند هر چند که *A. idignensis*، *A. parhami* و *A. namaki* نیز تا حدودی از بقیه تفکیک شدند (شکل ۳).

در تجزیه و تحلیل به مولفه‌های اصلی که به منظور بررسی الگوهای ریختی بالقوه بین گونه‌های مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفت، در مجموع تعداد ۵ مولفه اصلی موثر ( $PC1=24/87$ ،  $PC1=16/03$ ،  $PC1=12/14$ ،  $PC1=2/78$ ،  $PC1=7/47$  و  $PC1=6/7$ ) با مجموع  $67/23$  درصد بر اساس مقدار جدا کننده خط برش جولیف (Jolliffe cut off) حاصل شد. در نمودار تحلیل PCA



شکل ۲- نمودار تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی گونه‌های جنس *Alburnoides* مورد مطالعه



شکل ۳- نمودار آنالیز تحلیل همبستگی کانونی گونه‌های جنس *Alburnoides* مورد مطالعه

مطالعه براساس شکل بدن در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج بیشترین مقدار بین گونه‌های *A. holciki* و *A. nicolausi* (۱۱/۹۳) و کمترین مقدار بین گونه‌های *A. samiii* و *A. tabarestani* (۳/۵۶) محاسبه شد.

براساس نتایج تحلیل واریانس چند متغیره غیرپارامتریک، گونه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از نظر شکل بدن نشان دادند ( $P < 0.0001$ ). فواصل ماهالانوبیس به عنوان درجه تمایز حاصل گونه‌های مورد

جدول ۲- فواصل ماهالانوبیس گونه‌های جنس *Alburnoides* مورد مطالعه.

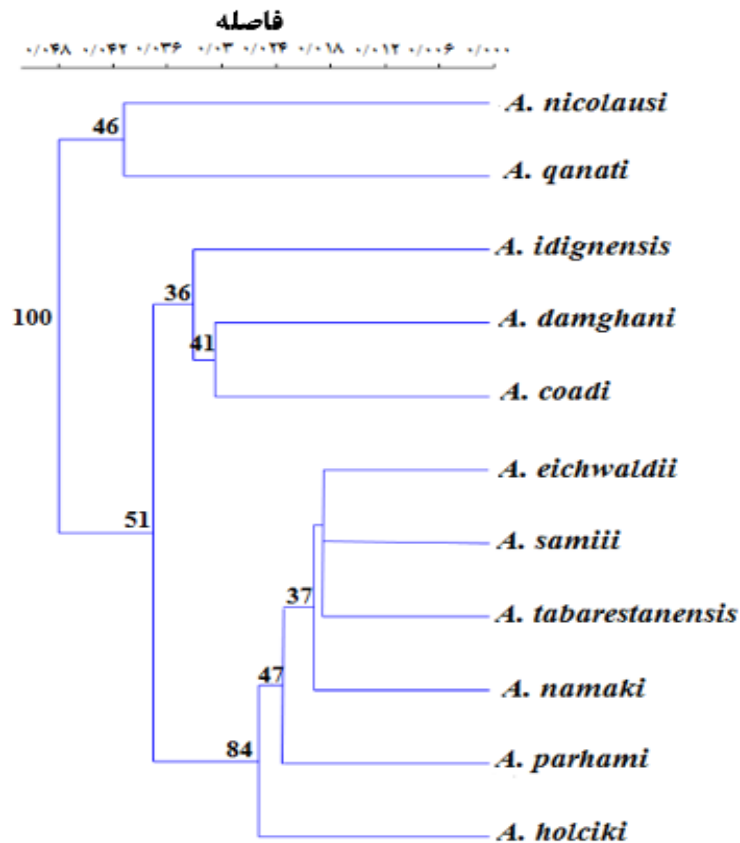
<i>A. nicolausi</i>	<i>A. qanati</i>	<i>A. tabarestanensis</i>	<i>A. eichwaldii</i>	<i>A. coadi</i>	<i>A. idignensis</i>	<i>A. holciki</i>	<i>A. samiii</i>	<i>A. namaki</i>	<i>A. damghani</i>	
								۷/۹۰	<i>A. namaki</i>	
							۴/۵	۶/۴۹	<i>A. samiii</i>	
							۵/۲۹	۵/۴۲	۸/۰۸	<i>A. holciki</i>
					۷/۸۲	۶/۱۵	۷/۱۴	۴/۵۲	۴/۵۲	<i>A. idignensis</i>
				۴/۹۷	۷/۸۲	۵/۵۶	۶/۴۹	۴/۶۹	۴/۶۹	<i>A. coadi</i>
			۳/۸۱	۴/۹۶	۵/۸۵	۳/۶۵	۴/۵۴	۵/۴	۵/۴	<i>A. eichwaldii</i>
		۴/۵۵	۵/۹۵	۶/۳۳	۵/۵۵	۳/۵۶	۴/۴۷	۶/۷۷	۶/۷۷	<i>A. tabarestanensis</i>
	۷/۳۷	۶/۳۷	۶/۷۲	۸/۲۴	۸/۰۵	۶/۹	۶/۹۶	۷/۵۶	۷/۵۶	<i>A. qanati</i>
	۸/۴۵	۱۰/۱۰	۸/۸۸	۷/۰۹	۷/۸۴	۱۱/۹۲	۱۰/۲۴	۱۰/۳۷	۷/۳۱	<i>A. parhami</i>
۹/۵۳	۶/۹۴	۴/۲۸	۵/۱۹	۵/۳۵	۶/۶۸	۷/۰۰	۴/۷۱	۵/۵۳	۶/۶۱	<i>A. nicolausi</i>

۰/۶۷ به‌دست آمد که بیانگر مناسب بودن ارتباط بین داده‌ها می‌باشد. براساس نمودار آنالیز خوشه‌ای، گونه‌های

نتایج تجزیه و تحلیل خوشه‌ای با بوت استرپ ۱۰۰ در شکل ۳ ارائه شده است. در این آنالیز ضریب کوپرنیک

ریخت و فاصله جغرافیایی هیچ ارتباط معنی‌داری بین الگوهای ریخت شکل بدن گونه‌های مورد بررسی و فاصله جغرافیایی آن‌ها نشان نداد ( $P > 0.05$ ).

جنس *Alburnoides* به دو گروه تقسیم شدند که *A. qanati* و *A. nicolausi* در یک خوشه و جدا از سایر گونه‌های مورد مطالعه قرار گرفتند. همچنین نتایج مقایسه

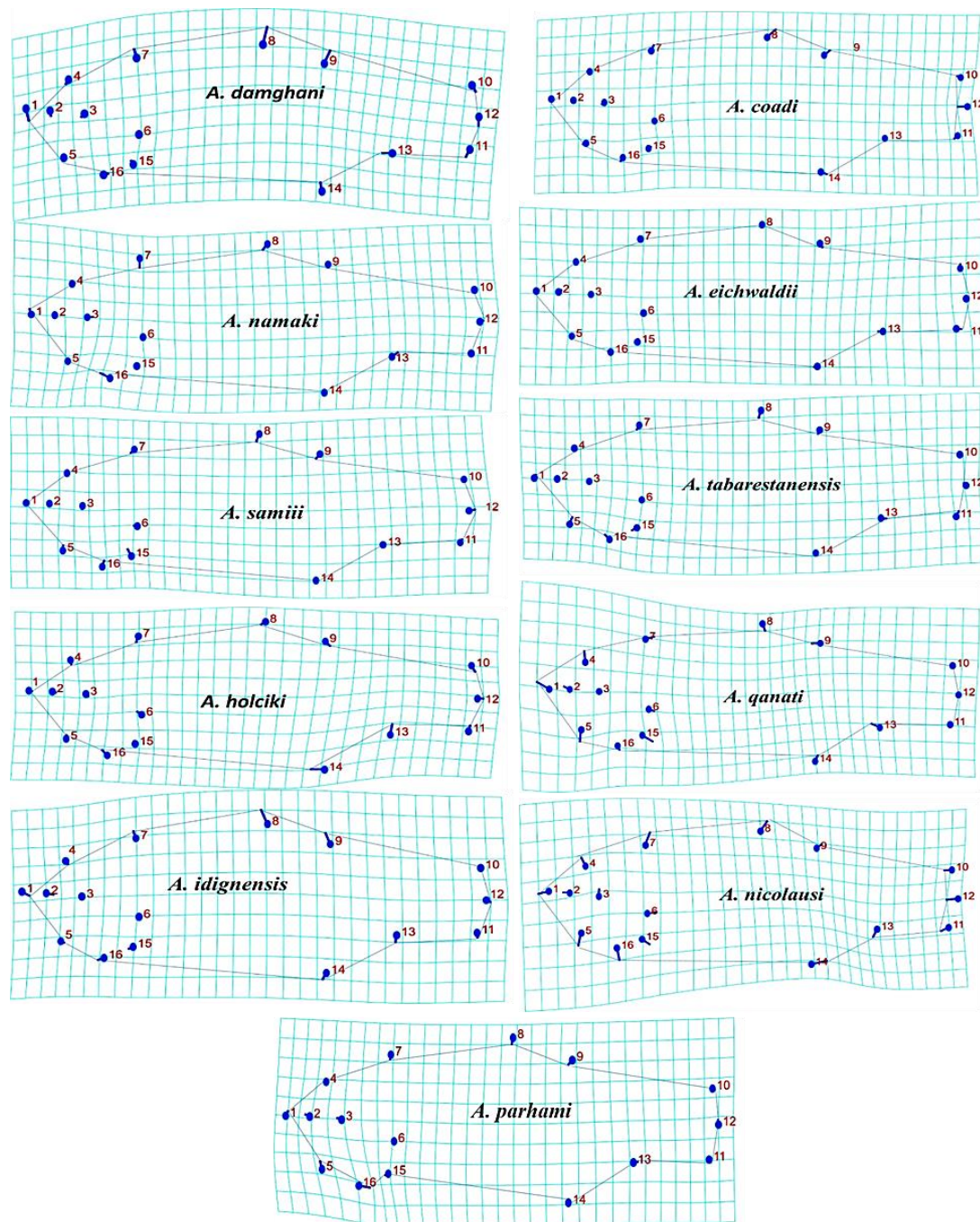


شکل ۳- نمودار آنالیز خوشه‌ای شکل بدن گونه‌های جنس *Alburnoides* مورد مطالعه

*A. eichwaldii* با شکل میانگین تفاوت‌های کمی نشان داد. در این گونه ساقه دمی اندکی عمیق‌تر است. گونه *A. tabarestanensis* دارای عمق بدن نسبتاً کم‌تر در نواحی سر، تنه و ساقه دمی است. در گونه *A. qanati* پوزه کوتاه‌تر، سر کوچک‌تر، قاعده باله پشتی و مخرجی کوتاه‌تر، موقعیت خلفی باله سینه‌ای و عمق بدن کمتر است. گونه *A. nicolausi* دارای بدن عمیق‌تر، سر کوچک‌تر، پوزه قدامی‌تر، باله سینه‌ای در موقعیت خلفی‌تر، ساقه دمی و قاعده باله مخرجی کوتاه‌تر می‌باشند. در گونه *A. parhami* نیز سر اندکی درازتر، عمق بدن نسبتاً کوتاه‌تر و چشم درارای موقعیت قدامی است (شکل ۴).

براساس نتایج گونه *A. damghani* دارای موقعیت پوزه شکمی‌تر، بدن و ساقه دمی عمیق‌تر و قاعده باله مخرجی کوتاه‌تر می‌باشند. گونه *A. namaki* دارای عمق کمتر بدن، قاعده باله مخرجی طولی‌تر و شکاف آبششی وسیع‌تر است. گونه *A. samiii* نیز بدنی عمق کمتر و ساقه دمی درازتر دارد. گونه *A. holciki* دارای قاعده باله مخرجی طولی‌تر، ساقه دمی درازتر، عمق بدن کمتر و سر نسبتاً کوچک‌تر است. در گونه *A. idignensis* بدن و ساقه دمی بسیار پهن‌تر، قاعده باله مخرجی اندکی طولی‌تر و سر نسبتاً کوچک‌تر می‌باشد (شکل ۴). گونه *A. coadi* دارای بدن عمیق‌تر و ساقه دمی کوتاه‌تر است. گونه





شکل ۴- مقایسه شکل بدن گونه‌های مورد مطالعه با شکل میانگین با استفاده از شبکه تغییر شکل

#### ۴. بحث

رودخانه‌ای است (Hoghoghi *et al.*, 2015). براساس نتایج به‌دست آمده، گونه‌های خیاطه ماهیان *A. holciki*، *A. qanati*، *A. samiii* و *A. tabarestanensi* دارای سر کوچک‌تر، ساقه دمی درازتر و بدنی کشیده‌تر و دوکی شکل هستند. این شکل بدن یعنی بدنی دوکی شکل به‌عنوان یک شکل ماهی عامگرا (قابل مشاهده در بیشتر

ماهیان خیاطه در آب‌های جریان‌دار زیست می‌کنند و برای برآوردن نیازهای زیستی خود نیازمند شنای فعال هستند. همچنین، این گونه به واسطه داشتن بدنی پهن نیازمند استقرار در ناحیه پلاژیک آب‌های جریان‌دار از قبیل گودال‌ها و یا فضای مرده پشت سنگ‌های



خصوصیات ساختار جمعیت ماهی خیاطه *Alburnoides bipunctatus* در سرشاخه‌های اصلی رودخانه تالار استان مازندران (سرشاخه کسلین و سرشاخه تاجون) توسط Ahmadi و همکاران، ۲۰۱۸ نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در ۱۳ صفت ریخت‌سنجی و ۷ صفت شمارشی بین ماهیان خیاطه دو ایستگاه بود. در مطالعه Qojoqi و همکاران (۲۰۱۹) روی مطالعه بررسی تنوع ریختی ماهی خیاطه *Alburnoides cf. tabarestanensis* در رودخانه‌های زرین‌گل، زاو، تیل‌آباد و یل‌چشمه عنوان کردند که عملکرد صفات شمارشی به صفات اندازشی در بیان تفاوت بین جمعیت‌ها نسبت پایین بود. Mousavi-Sabet و Heidari (۲۰۱۹) در بررسی تفاوت‌های ریخت‌شناسی دو جمعیت ماهی خیاطه سمیعی (*Alburnoides samiii*) در بالادست و پایین‌دست سد سفیدرود چنان عنوان کردند که دلیل تمایز جمعیت ماهیان بالادست و پایین‌دست سد، احتمالاً می‌تواند مربوط به اثر سد بر زیستگاه و در نتیجه فاکتورهای ریختی باشد. این نتایج هم‌راستا با یافته‌های این تحقیق بیانگر قابلیت انعطاف‌پذیری ریختی گونه‌های این جنس و نشان‌دهنده تنوع درون گونه‌ای بالای آن‌ها می‌باشد.

همچنین نتایج این تحقیق هیچ‌الگویی از تمایز ریختی بر اساس روابط خویشاوندی نزدیک یا فاصله جغرافیایی نشان نداد. Eagderi و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی آرایه‌شناسی گونه‌های جنس *Alburnoides* در ایران با استفاده از زیر واحد ۱ ژن سیتوکروم اکسیداز COI بیان کردند که گونه‌های ایرانی این جنس در هشت شاخه تقسیم‌بندی می‌شوند و بیشترین فاصله ژنتیکی K2P بین نمونه‌های گونه *A. samiii* و کمترین میزان به‌ترتیب بین گونه‌های *A. coadi*، *A. holciki*، *A. parhami* و *A. nicolausi* محاسبه شد. همچنین بیشترین فاصله ژنتیکی بین گونه‌های *A. qanati* و *A. holciki* و کمترین مقدار آن بین گونه‌های *A. parhami* و *A. holciki* عنوان شد. نتایج آنالیز خوشه‌ای براساس صفات ریختی هر چند در برخی موارد تعدادی از گونه‌های نزدیک به هم از لحاظ تبارزایی را در کنار هم قرار داد، ولی الگوی مشخص مبنی بر تطابق تنوع ریختی

ماهیان)، برای اجتناب از شسته شدن در طی شنای آزاد در جریان‌های سریع نهرهای کم عمق کارایی بیشتری دارد (Barlow, 1961) و در اکوسیستم‌های محل زیست آن‌ها احتمالاً تنوع زیستگاهی بالاتری وجود دارد. بدن پهن‌تر با سر بزرگ ماهیان *A. idigensis*، *A. damghani*، *A. coadi* و *A. nioclausi* در حوضه‌های مورد مطالعه احتمالاً ناشی از سازگاری برای افزایش قابلیت مانور سریع در بین پوشش‌های گیاهی و یا سنگ‌های بزرگ بستر است (Langerhans et al., 2003; Mouludi-Saleh et al., 2020b; Eagderi et al., 2021). این شکل بدن در شنای مداوم به عنوان مثال برای یافتن غذا در محیط‌هایی با جریان کمتر موثر هستند. اعضای این گونه‌ها در رودخانه‌های فوق درون گودال‌ها و شکاف رودخانه‌ای که جریان آرامتری حضور داشتند.

نتایج نشان داد که تفاوت‌های شکل بدن بین گونه‌های مورد بررسی خیاطه ماهیان به دلیل انعطاف‌پذیری ریختی، تحت تأثیر فاکتورهای محیطی است (Guill et al., 2003) و براساس مطالعات قبلی نیز اعضای این گونه دامنه زیستگاهی محدودی در محل‌های پراکنش خود دارند (Hoghoghi et al., 2015) و همچنین تفکیک ریختی آرایه‌ها بسیار مشکل می‌باشد و گونه‌ها بیشتر براساس جایگاه نمونه‌برداری و داده‌های ژنتیکی (بارکدینگ) قابل تشخیص می‌باشند (Jouladeh Roudbar et al., 2015). همچنین مطالعات قبلی Esmaili و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی خصوصیات اندازشی و شمارشی گونه *A. qanati* در حوضه رودخانه کر عنوان کردند که جمعیت مرودشت به‌تنهایی در یک خوشه و جدا از دو جمعیت مشکلان و بیزا قرار می‌گیرند. Eagderi و همکاران (۲۰۱۳) بر روی گونه *A. eichwaldii* در چهار رودخانه گرگانرود، ولمرود و دوشاخه رودخانه سفیدرود نشان شد که بین جمعیت‌های مورد مطالعه از لحاظ شکل بدن تفاوت معنی‌داری وجود دارد. Haghighy و همکاران (۲۰۱۵) نیز روی تنوع ریختی گونه مذکور در رودخانه‌های کرگانرود و لمیر بیان داشتند که جمعیت‌های مورد مطالعه در ۸ صفت شمارشی و ۱۹ صفت اندازشی تفاوت معنی‌داری دارند. بررسی برخی

نتایج این مطالعه عملکرد مناسب روش ریخت‌سنجی هندسی را نسبت به روش‌های سنتی و مطالعات قبلی در بیان تفاوت‌های ریختی گونه‌های جنس *Alburnoides* تایید کرد هرچند که قابلیت و کاربرد این روش را برای مطالعات آرایه‌شناسی تأیید می‌نماید و پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات آرایه‌شناسی اعضای این جنس از صفات استخوانی و مولکولی به جای صفات ریختی استفاده شود.

گونه‌ها و روابط خویشاوندی آن‌ها ارائه نداد که این مسئله بیانگر تأثیرپذیری ریختی این گونه به واسطه پارامترهای محیطی و نه روابط خویشاوندی است. به علاوه در مطالعه حاضر بیشترین فواصل ماهلانویسی به‌عنوان درجه تمایز شکل بدن بین گونه‌های *A. holciki* و *A. nicolausi* و کم‌ترین مقدار بین گونه‌های *A. tabarestani* و *A. samiii* محاسبه شد.

به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد که

## References

## ۵. منابع

- Ahmadi, S.E., Vosoughi, A.R., Vatandoost, S., Ghelichi, A., Seidanlou, S., 2018. Some specific population structure of Spiralin (*Alburnoides bipunctatus*) in the main Cluster of Talar River in Mazandaran province. *New Technologies in Aquaculture Development* 12(3), 58-74.
- Azizi, F., Khoshkholgh, M., Rahmani, H., Sattari, M., Anvarifar, H. 2015. Investigation of dam effect of Shahid-Rajaei on variation and differentiation of spiralin (*Alburnoides* sp.) (Pisces: Cyprinidae) in the Tajar River (Iran). *Journal of Animal Environment* 7(1), 29-39.
- Barlow, G.W., 1961. Social behavior of the desert pupfish, *Cyprinodon macularius*, in the field and in the aquarium. *American Midland Naturalist* 65, 339-359.
- Eagderi, S., Esmailzadegan, E., Maddah, A., 2013. Body shape variation in riffle minnows (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863) populations of Caspian Sea basin. *Taxonomy and Biosystematics* 5(14), 1-8.
- Eagderi, S., Jouladeh-Roudbar, A., Imani Harsini, J., Rostami, M., 2019. Phylogeny of the members of the genus *Alburnoides* in Iran using COI gene. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 28(3), 125-136.
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., 2020. Morphological comparison of the *Cobitis* species from Iranian inland waters using geometric morphometric method. *Journal of Applied Biology In Prees*.
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Ahmadi, S., Javadzadeh, N. 2020a. Phenotypic plasticity of the body shape in Prussian carp (*Carassius gibelio*), in response to lentic and lotic habitats using geometric morphometric technique. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 29(1), 49-58.
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Poorbagher, H., 2021a. Sexual dimorphism comparison of body shape of *Esmaeilius sophiae* using geometric morphometric method. *Journal of Animal Environment* 12(4), 311-316.
- Esmaeili, H., Nazari, N., Saifali, M., 2011. Morphometric and meristic comparisons of populations of Qanat tailor fish, *Alburnoides qanati* Coad & Bogutskaya, 2009 (Actinopterygii: Cyprinidae) in Kor River basin Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics* 7(1), 1-11.
- Esmaeili, H.R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S., Abbasi, K., 2018. Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa* 3(3), 1-95.
- Ghorbani-Ranjbari, Z., Keivany, Y., 2018. Geometric morphometric comparison of *Barilius mesopotamicus* (Berg 1932) populations in Bushehr basin. *Journal of Animal Research* 31(2), 189-199.
- Guill, J.M., Hood, C.S., Heins, D.C., 2003. Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae). *Ecology of Freshwater Fish* 12(2), 134-140.

- Haghighy, E., Sattari, M., Dorafshan, S., Keivany, Y. 2015. Intra-population variations in the morphology of Spiralin, *Alburnoides eichwaldii* (Cypriniformes: Cyprinidae) in Kargan-Rud and Lamir rivers in Guilan province, northern Iran. *Experimental animal Biology* 3(4), 37-46.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(4), 1-9.
- Hoghoghi, M., Eagderi, S., Shams-Esfandabad, B., 2016. Habitat use of *Alburnoides namaki*, in the Jajroud River (Namak Lake basin, Iran). *International Journal of Aquatic Biology* 3(6), 390-397.
- Jouladeh Roudbar, A., Rahmani, H., Vatandoust, S., Najafy, M., Rahimi, G., 2015. A review of morphological character in four described species from *Alburnoids*. *Journal of Aquatic Ecology* 5 (2):1-17.
- Klingenberg, C.P. 1998. Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. *Biological Reviews* 73(1), 79-123.
- Langerhans, R.B., Layman, C.A., Langerhans, A.K., Dewitt, T.J., 2003. Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species. *Biological Journal of the Linnean Society* 80(4), 689-698.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Cicek, E., Sungur, S., 2020a. Morphological variation of Transcaucasian chub, *Squalius turcicus* in southern Caspian Sea basin using geometric morphometric technique. *Biologia* 75, 1585-1590.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Nahavandi, R. 2020b., The Application of the Geometric Morphometric Technique in Evaluating Sexual Dimorphism in the Body Shape of *Aphaniops Hormozensis* from Mehran and Shur Rivers (Hormozgan Basin). *Taxonomy and Biosystematics* 12(43), 35-44.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., Kazemzadeh, S., 2019. The effect of body shape type on differentiability of traditional and geometric morphometric methods: A case study of *Channa gachua* (Hamilton, 1822). *European Journal of Biology* 78(2), 165-168.
- Mousavi-Sabet, H., Heidari, A., 2019. Morphological differentiation between two populations of Samii's spiralin (*Alburnoides samii*) in upstream and downstream of Sefidroud dam. *Wetland Ecobiology* 11(1), 23-32.
- Qojoqi, A., Patimar, R., Jafariyan, H., Golzariyanpour, K. 2019. Investigation of morphological variation of *Alburnoides cf. tabarestanensis* in Gorganroad basin. *Shil Journal* 6(4), 166-177.
- Razavipour, P., Eagderi, S., Poorbagher, H., Keivany, Y., 2015. Phenotypic plasticity of the Tuini fish, *Capoeta damascina* (Actinopterygii: Cyprinidae) populations in Iranian part of Tigris basin using geometric morphometric approach. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)* 28, 170-179.
- Rohlf, F.J., Marcus, L.F. 1993. A revolution morphometrics. *Trends in ecology & evolution* 8(4), 129-132.
- Rostami, M., Eagderi, S., Imani Harsini, J., Poorbagher, H., 2018. Study of the relationship between morphology and genetic variation in the genus *Alburnoides* (Pisces: Cyprinidae) in Iran using geometric morphometric methods and Cytochrome oxidase 1 (COI) sequences. M.Sc. Thesis. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. 74 p.
- Zamani-Faradonbe, M., Keivany, Y., Abbasi-Jeshvaghani, M., Asadi-Namavar, M., 2020. Morphometric and Meristic Variation in Twelve Different Populations of *Garra rufa* (Heckel, 1843) from Iran. *Jordan Journal of Natural History* 7, 108-124.

