

بررسی قرابت خویشاوندی ماهیان جنس *Rutilus Rafinesque, 1820* در سواحل جنوبی دریای خزر (بندر ترکمن، شلمان رود و رود ارس) بر اساس صفات استخوان‌شناسی

سهیل ایگدری*^۱، فریبرز قجقی^۲، منوچهر نصری^۳

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

۲. استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، آزادشهر، ایران.

۳. استادیار گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، استان لرستان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۶ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۳/۱۰

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی قرابت خویشاوندی ماهیان جنس *Rutilus* در سواحل جنوبی دریای خزر انجام گردید. برای این تحقیق در مجموع تعداد ۳۰ قطعه ماهی از سه جمعیت ماهی کلمه (بندر ترکمن، رودخانه شلمان رود و رود ارس) به عنوان درون گروه و ۱۰ قطعه ماهی سفید از صیدگاه بندر ترکمن به عنوان برون گروه تهیه شد. تمامی نمونه‌ها بر اساس دستورالعمل استاندارد شفاف‌سازی شده و اجزاء اسکلتی آن‌ها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور استنباط نتایج تبارشناسی، تعداد ۳۳ حالت صفت استخوان‌شناسی انتخاب و تبارنگار مبتنی بر بیشترین پارسیمونی در نرم‌افزار TNT ترسیم گردید. نتایج به دست آمده بیان‌گر هم‌تبار بودن سه جمعیت کلمه با پشتیبانی ۱۰۰٪ بود. در این میان ماهی کلمه بندر ترکمن با پشتیبانی ۶۵٪ درخت‌های ممکن به عنوان گروه پایه‌ای (قدیمی‌ترین گروه) مشخص گردید و دو گروه کلمه ارس و کلمه شلمان رود به عنوان خویشاوندان جدیدتر در یک خوشه قرار گرفتند. بر اساس نتایج استخوان‌شناسی این مطالعه و بر اساس خویشاوندی نزدیک‌تر کلمه ساکن رودخانه ارس و کلمه کورا، به نظر می‌رسد کلمه شمالی (*R. rutilus*) که به عنوان گونه ساکن آب‌های شیرین سواحل جنوبی دریای خزر از جمله رودخانه ارس شناخته می‌شود، در واقع همان گونه کلمه خزری نژاد کورا (*R. caspicus*) می‌باشد. کلمه‌ی رودخانه ارس احتمالاً به واسطه زندگی در این رودخانه با شرایط متفاوت محیطی تحت تأثیر انعطاف‌پذیری ریختی، تفاوت‌های استخوان‌شناسی را با جمعیت آن در سواحل جنوب غربی دریای خزر کسب کرده است که این مسئله نیاز به تأیید توسط مطالعات تکمیلی دارد. همچنین این احتمال نیز وجود دارد که کلمه خزری نژاد ترکمنی یک آرایه متمایز از گونه‌های کلمه خزری و شمالی باشد.

واژگان کلیدی: انعطاف‌پذیری ریختی، آرایه‌شناسی، دریای خزر، کپورماهیان، ماهی‌شناسی.

۱. مقدمه

تالاب انزلی به ترتیب به عنوان دو زیستگاه اصلی وارپته‌های کلمه خزری (ترکمنی و کورا) در حوضه جنوبی دریای خزر به شمار می‌آیند که بیش از ۴۰۰ کیلومتر با یکدیگر فاصله دارند. Holčik و Skořepa (۱۹۷۱) اولین محققینی بودند که قائل به تمایز این دو وارپته بوده و آن‌ها را به عنوان morphهای متفاوت یا گونه‌های بالقوه و در حال انشقاق معرفی کردند. محققین دیگری از طریق تجزیه و تحلیل‌های آماری چندمتغیره بر اساس صفات شمارشی و اندازه‌شناسی بر این مسئله تأکید کردند (Mironovskii and Kas'yanov, 1986; Naddafi et al., 2002). از طرفی برخی مطالعات نتایجی مخالف پیشنهادها قبل را بیان کردند از جمله می‌توان به مطالعات DNA و اندازه‌گیری فاصله ژنتیکی Nei برابر $d=0.04$ بین دو جمعیت کلمه خزری توسط Keyvanshokoo و Kalbassi (۲۰۰۶) اشاره کرد که بیانگر تمایز ژنتیکی نسبتاً اندکی بود. همچنین بر اساس مطالعات میکروستلایت از نظر نسبت آلل در هر جایگاه و شاخص هتروزیگوسیتی تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌های خلیج گرگان و تالاب انزلی مشاهده نشد (Keyvanshokoo et al., 2007). در این بین گزارش‌هایی از وجود تنوع ریختی بالا در بین جمعیت‌های مختلف کلمه در دست است. به عنوان مثال می‌توان به گزارش تنوع ریختی نسبتاً بالای بین جمعیتی ماهی کلمه خزری در خلیج گرگان، تالاب‌های آماگل و آجی‌گل (Patimar et al., 2005) و تنوع ژنتیکی بالای کلمه خزری تالاب انزلی بر اساس DNA میتوکندریایی (Rezvani et al., 2006) اشاره کرد.

استخوان‌ها به عنوان بخشی مهم از کالبد ماهیان، اطلاعات زیستی و اکولوژیکی فراوانی در خود دارند که بازیابی این اطلاعات می‌تواند در روشن شدن پاسخ بسیاری از سؤالات علمی مؤثر باشد. تجزیه و تحلیل‌های استخوان‌شناسی در مطالعات آرایه‌شناسی و شناخت ارتباط گونه‌های ماهیان (Diogo and Bills, 2006)، مطالعات باستان‌شناسی (Hilton, 2003; Carnevale et al., 2011)، مطالعات فردزایی و تکوین ماهیان (Britz, 1996; Britz and Conway, 2009; Fiaz et al., 2012)، اهمیت بالایی دارد. با شناخت کافی و مطالعه استخوان‌ها،

اعضای جنس *Rutilus* متعلق به خانواده کپورماهیان (Cyprinidae) با تعداد ۱۵ گونه در اروپا و غرب آسیا پراکنش دارند (Bogutskaya and Iliadou, 2006). سه گونه از این جنس شامل کلمه شمالی *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)، کلمه خزری *Rutilus caspicus* (Yakovlev, 1870) و ماهی سفید دریای خزر *Rutilus kutum* Kamenskii, 1901 در ایران یافت می‌شوند که همگی از جمله گونه‌های دارای ارزش تجاری محسوب می‌شوند (Coad, 2016). کلمه خزری به عنوان یک گونه‌ی نیمه رود کوچ ساکن دریای خزر بوده و هر ساله برای تولیدمثل وارد رودخانه‌ها و تالاب‌های منتهی به آن می‌شود. پیش از این برای کلمه خزری دو نژاد ترکمنی *R. r. caspius nation knipowitschi* و کورا (انزلی) *R. r. caspius nation kurensis* بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناختی معرفی شده بود (Abdoli, 2000; Coad, 2016). اما امروزه هر دو نژاد تحت عنوان کلمه خزری *R. caspicus* (Yakovlev, 1870) شناخته می‌شوند. کلمه خزری نژاد ترکمنی در جنوب شرقی دریای خزر زندگی کرده و برای تولیدمثل به رودخانه‌های اترک و گرگان‌رود، خلیج گرگان و تالاب گمیشان مهاجرت می‌کند و کلمه خزری نژاد کورا در قسمت‌های غربی و جنوب غربی دریای خزر زندگی کرده و معمولاً برای تخم‌ریزی به رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی، کورا و شلمان‌رود مهاجرت می‌کند (Abdoli, 2000; Coad, 2016). کلمه خزری به دلیل صید بی‌رویه و تخریب زیستگاه‌ها و بسترهای تخم‌ریزی آن در لیست گونه‌های در معرض خطر قرار گرفته است (Kiabi et al., 1999). از این رو تکثیر و رهاسازی بچه‌ماهیان به زیستگاه‌های طبیعی یکی از اقدامات در حال انجام، برای حفاظت از نسل این گونه است که البته اثرات آن بر ترکیب جمعیتی وارپته‌های این ماهی در دریای خزر هنوز ناشناخته است. کلمه شمالی شامل جمعیت‌های مختلف، ساکن دریاچه‌ها و رودخانه‌های منتهی به دریای خزر از جمله رودخانه ارس است (Holčik and Skořepa, 1971; Abdoli, 2000; Kottelat and Freyhof, 2007; Coad, 2016).

خلیج گرگان و ناحیه غربی دریای خزر از جمله



شکل ۱ - ایستگاه‌های نمونه برداری گونه‌های کلمه خزری و شمالی و ماهی سفید (بخش سایه‌زده حوضه آبریز خزر را نشان می‌دهد. خلیج گرگان = کلمه خزری نژاد ترکمنی، شلمان‌رود = کلمه خزری نژاد کورا و رودخانه ارس پشت سد ارس = کلمه خزری نژاد شمالی).

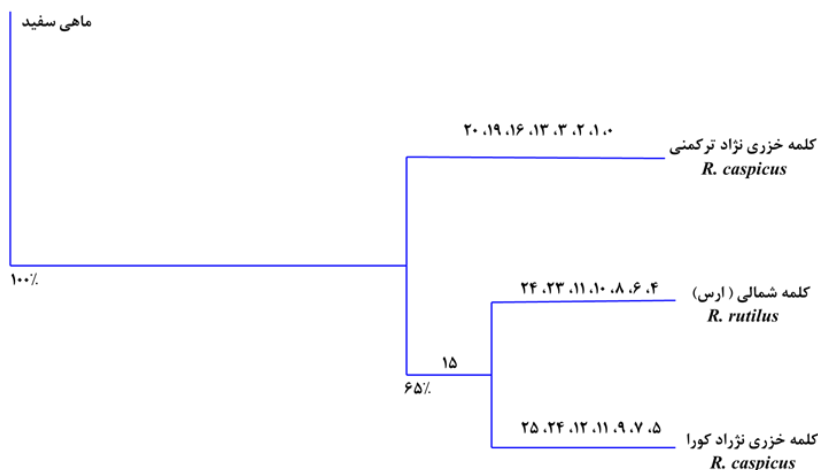
(۲۰۰۷) و Abdoli (۲۰۱۶) در فرمالین بافری ۱۰٪ تثبیت و به آزمایشگاه تکوین و بیوسیستماتیک گروه شیلات دانشگاه تهران منتقل شدند. عملیات شفاف‌سازی و رنگ‌آمیزی استخوان با استفاده از تکنیک رنگ‌آمیزی آلزارین‌رد و آلسیان‌بلو بر اساس روش Taylor و Van Dyke (۱۹۸۵) به‌منظور مطالعه استخوان‌شناسی انجام شد. به‌منظور تصویربرداری از اجزاء استخوانی، از اسکنر Epson V600 مجهز به حمام گلیسرین و با تفکیک‌پذیری ۱۲۰۰ مگاپیکسل استفاده شد. ویرایش تصاویر و ترسیم گرافیکی اجزاء استخوانی به ترتیب با استفاده از نرم‌افزارهای Adobe Photoshop CS6 و CorelDRAW X7 انجام گردید. نام‌گذاری استخوان‌ها بر اساس Gregory (۱۹۳۳)، Howes (۱۹۸۲) و Rojo (۱۹۹۱) انجام شد. به‌منظور استنباط تبارشناسی از صفات استخوانی، از ماهی سفید به‌عنوان برون‌گروه و سه تاکسون کلمه به‌عنوان درون‌گروه استفاده گردید. مقایسه گروه‌ها بر اساس استخراج تعداد ۳۳ حالت صفت استخوانی انجام گرفت. صفاتی که به‌صورت درون‌گروهی دارای تنوع بالا بودند، در محاسبات وارد نشدند. تجزیه و تحلیل فیلوژنتیکی بر اساس تحلیل بیشینه پارسیمونی بر روی داده‌های وزن-دهی شده و اتصال مجاور با تعداد بازنمونه‌گیری ۱۰۰۰

علاوه بر مطالعه‌ی وضعیت تکاملی ماهیان، می‌توان داده‌های مربوط به تغذیه، تنفس، رفتار شنا و سایر ویژگی‌های زیست‌شناختی آن‌ها را نیز استنتاج کرد (Helfman *et al.*, 2009).

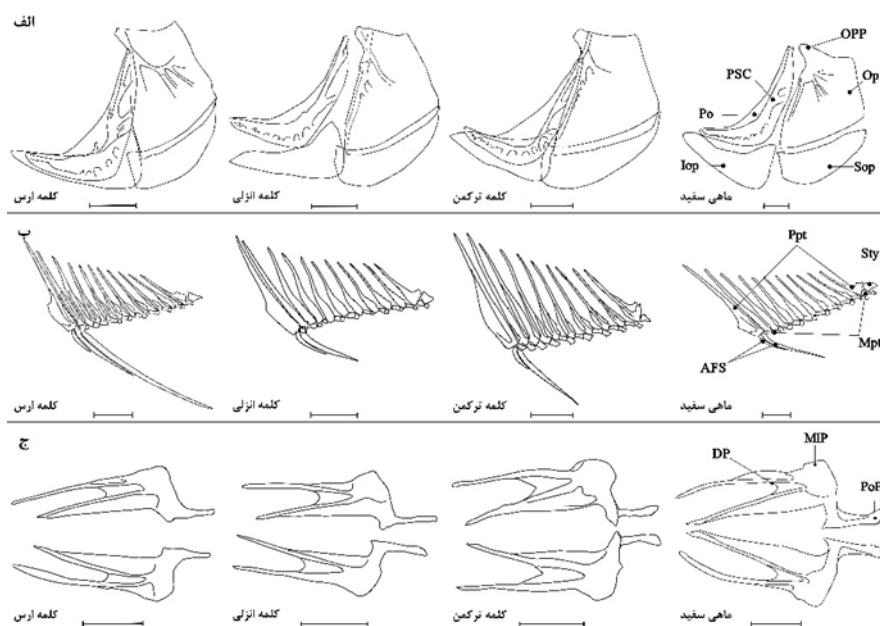
استفاده از یک مبنای زیستی قابل اطمینان همچون استخوان‌شناسی می‌تواند ابزار مناسبی جهت تفکیک گونه‌ها، آرایه‌ها و جمعیت‌ها باشد (Gregory, 1933; Lepiksaar, 1994). بنابراین مطالعه‌ی حاضر به منظور بررسی روابط خویشاوندی کلمه شمالی و دو جمعیت جغرافیایی از کلمه خزری در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از صفات استخوان‌شناسی به اجرا در آمد.

۲. مواد و روش‌ها

برای این مطالعه تعداد ۴۰ قطعه ماهی (۱۰ قطعه کلمه خزری نژاد ترکمنی و ۱۰ قطعه ماهی سفید از صیدگاه بندر ترکمن در خلیج گرگان، ۱۰ قطعه کلمه خزری نژاد کورا از صیادان تالش از مصب رودخانه شلمان‌رود و ۱۰ قطعه کلمه شمالی از بازار ماهی‌فروشان جلغا از رود ارس) طی تابستان ۱۳۹۳ خریداری گردید (شکل ۱). نمونه‌های تهیه شده پس از شناسایی اولیه بر اساس Freyhof و Kottelat



شکل ۲ - پارسیمونی ترین درخت بر اساس صفات استخوان شناسی و پشته‌بانی تکرار ۱۰۰۰ (درصد پشتیبانی در قاعده هر شاخه مشخص شده است).



شکل ۳ - استخوان‌های سرپوش آبخشی (الف)، باله مخرجی (ب) و باله شکمی (ج) گونه‌های جنس *Rutilus* در ایران. AFS- anal fin spine; DP- distal process; Iop- interopercular; MIP- mid-lateral process; Mpt- median pterigiophore; Op- opercular; OPP- opercular prominent process; Po- preopercular; PoP- posterior process; Ppt- proximal pterigiophore; PSC- preopercular sensory canal; Sop- subopercular; Sty- stay.

نتایج حاصل از آنالیز پارسیمونی، هر سه آرایه گونه کلمه یک گروه تک‌تبار (با پشتیبانی ۱۰۰٪) را تشکیل دادند که در آن کلمه خزری نژاد ترکمن گروه پایه‌ای با پشتیبانی ۶۵ درصد بود و کلمه خزری نژاد کورا از تالاب انزلی و کلمه شمالی رودخانه ارس با یکدیگر به صورت هم‌تبار (گروه خواهری) در شاخه دوم قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل ماتریکس داده‌های استخوان شناسی نشان داد از بین صفات مورد مطالعه، تعداد ۱۳ صفت (۳، ۵، ۷، ۹، ۱۲، ۱۴، ۱۸، ۲۵، ۲۷، ۲۹، ۳۰، ۳۱ و ۳۲) غیرمتمایز کننده (noninformative) و

در نرم‌افزار TNT 1.1 انجام شد.

۳. نتایج

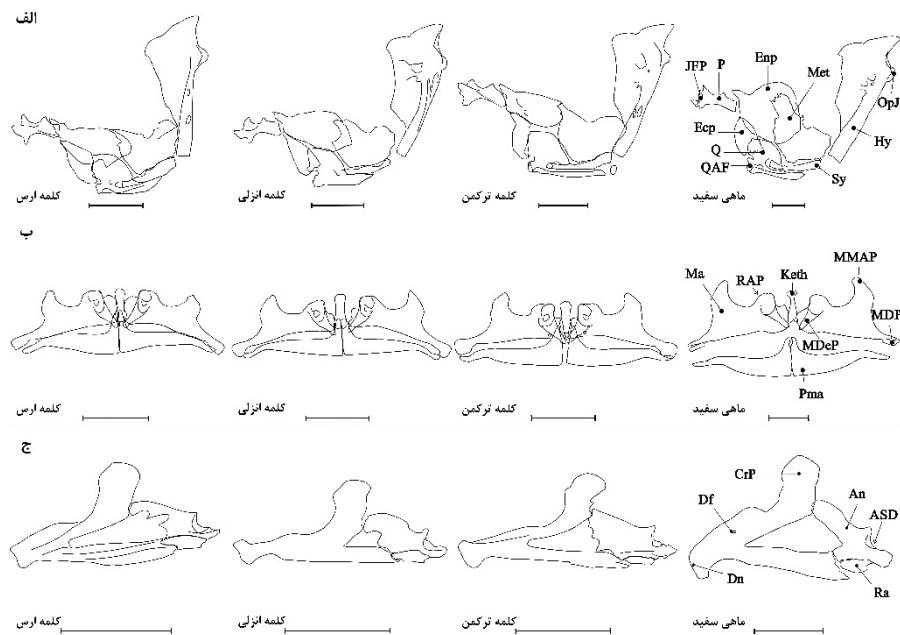
ماتریکس داده‌های استخوان‌شناسی شامل یک برون‌گروه (ماهی سفید) و سه آرایه‌ی ماهی کلمه به‌عنوان درون‌گروه در جدول ۱ نشان داده شده است. نتیجه آنالیز پارسیمونی ماتریکس داده‌ها با پشتیبانی تکرار ۱۰۰۰ تنها یک درخت به‌عنوان پارسیمونی‌ترین درخت با طولی معادل ۴۲، شاخص تغییرشکل‌پذیری (CI) برابر ۹۷/۶۲ درصد و شاخص بازداری (RI) معادل ۵۰ درصد به دست آمد (شکل ۲). بر اساس

جدول ۱- وضعیت و توصیف صفات استخوان‌شناسی بین ماهیان کلمه و ماهی سفید.

ردیف	صفت	حالت‌صفت	شمالی	کورا	ترکمنی	ماهی سفید
۰	نسبت طول عرضی supraethmoid	۰: کمتر از ۰/۶ ۱: بیشتر از ۰/۷	۰	۰	۱	۰
۱	موقعیت supraoccipital نسبت به parietal	۰: Supraoccipital از سمت پشتی- میانی اندکی در محدوده Parietal نفوذ کرده است ۱: Supraoccipital از سمت پشتی- میانی تا میانه‌ی Parietal نفوذ کرده است	۰	۰	۱	۰
۲	نحوه اتصال استخوان‌های frontal به یکدیگر	۰: غیر زیگراگ؛ ۱: زیگراگی کم؛ ۲: شدت زیگراگی	۱	۰	۲	۰
۳	نسبت عرض سر در نواحی pterotic supraethmoid	۰: ۳/۰۶ - ۲/۹۵؛ ۱: ۳/۲۵ - ۳/۵۱	۰	۱	۱	۰
۴	شکل اتصال supraethmoid به suprafrontal	۰: غیر زیگراگی؛ ۱: زیگراگی	۰	۱	۰	۰
۵	دوتکه شدن اولین supraneural	۰: دوتکه است؛ ۱: دوتکه نیست	۱	۱	۱	۰
۶	طول آخرین شعاع غیرمنشعب باله پشتی نسبت به طول اولین pterygiophor باله پشتی	۰: کمتر از ۰/۹؛ ۱: حدود ۱؛ ۲: بیشتر از ۲	۱	۲	۱	۰
۷	تعداد pterygiophore باله پشتی	۰: ۱؛ ۱: ۱۲؛ ۲: ۱۳	۲	۱	۰	۰
۸	مهره متناظر با اولین petriophor باله پشتی	۰: ۱۳؛ ۱: ۱۲	۰	۱	۰	۰
۹	تعداد شعاع غیرمنشعب باله پشتی	۰: ۲؛ ۱: ۳	۱	۱	۱	۰
۱۰	نسبت عرضی طول اولین pterygiophore باله پشتی	۰: ۳/۴ - ۳/۷؛ ۱: ۴/۲۵	۰	۱	۰	۰
۱۱	پیوستگی آخرین supraneural به اولین pterygiophor باله پشتی	۰: ناپیوسته؛ ۱: پیوسته	۰	۱	۰	۰
۱۲	تعداد انشعاب قاعده اولین pterygiophor باله پشتی	۰: سه شاخه؛ ۱: دوشاخه	۱	۱	۱	۰
۱۳	نسبت طول subopercular طول interopercular	۰: حدود ۱؛ ۱: کمتر از ۰/۸۷؛ ۲: بیشتر از ۱/۲۴	۱	۰	۲	۰
۱۴	نسبت ارتفاع قاعده opercular	۰: بیشتر از ۰/۸۸؛ ۱: کمتر از ۰/۸۴	۱	۱	۰	۰
۱۵	تعداد کل مهره‌ها	۰: ۴۲؛ ۱: ۴۱	۱	۰	۰	۰
۱۶	تعداد petriophor باله مخرجی	۰: ۱۲؛ ۱: ۱۱	۰	۰	۱	۰
۱۷	تعداد شعاع غیرمنشعب باله مخرجی	۰: ۲؛ ۱: ۳؛ ۲: ۱	۱	۰	۰	۰
۱۸	نسبت عمق شکاف طول کل basipetrigium	۰: بیشتر از ۰/۶۶؛ ۱: کمتر از ۰/۶	۱	۱	۱	۰
۱۹	فرم زائده میانی-داخلی basipterygium	۰: نوک زائده به سمت جلو بدن است؛ ۱: زائده پنخ شده است؛ ۲: نوک زوائد به سمت زائده متناظر خود است	۱	۰	۲	۰
۲۰	برآمدگی بخش جانبی-میانی basiptygoid	۰: غیربرآمده؛ ۱: برآمده و مشخص	۰	۰	۱	۰
۲۱	نسبت فاصله precoracoid dentary کل	۰: ۰/۳۷؛ ۱: ۰/۴؛ ۲: ۰/۴۴	۲	۱	۱	۰
۲۲	نسبت ارتفاع precoracoid dentary کل	۰: بیش از ۰/۲۵؛ ۱: حدود ۰/۲؛ ۲: کمتر از ۰/۱۷	۱	۲	۲	۰
۲۳	نسبت طول angular dentary	۰: ۱/۵ - ۱/۴؛ ۱: بیشتر از ۲	۰	۱	۰	۰
۲۴	موقعیت نوک angular نسبت به امتداد coronoid proces	۰: از امتداد آن عبور کرده؛ ۱: از امتداد آن عبور نکرده	۰	۱	۰	۰
۲۵	شکل retroarticular	۰: بیضوی؛ ۱: بیضوی کشیده؛ ۲: میله‌ای	۱	۱	۲	۰
۲۶	فرم و اندازه dorsal prezygapophyses صفحه دمی قبل از RNA	۰: اندازه معمولی و بدون تو سعه یافتگی؛ ۱: بسیار بزرگ شده و تقریباً هم‌اندازه RNA است	۱	۰	۰	۰
۲۷	تعداد مهره شرکت کننده در صفحه دمی	۰: ۴؛ ۱: ۵	۱	۱	۱	۰
۲۸	فرم RNA	۰: تک‌شاخه؛ ۱: دوشاخه	۱	۰	۰	۰
۲۹	نسبت ارتفاع entoptrygoid طول	۰: بیش از ۰/۷۵؛ ۱: کمتر از ۰/۴۳	۱	۱	۱	۰
۳۰	میزان هم‌پوشانی entoptrygoid و metapterygoid	۰: بسیار کم؛ ۱: کم؛ ۲: فاقد همپوشانی	۱	۱	۲	۰
۳۱	تورفتگی ناحیه گردنی kinethmoid	۰: بسیار واضح؛ ۱: خیلی کم؛ ۲: عدم وجود	۲	۲	۱	۰
۳۲	فرم زائده پشتی - میانی maxilla	۰: بلند و ستبر؛ ۱: کوتاه و ستبر	۱	۱	۱	۰

بیشترین نفوذ supraoccipital در بخش عقبی-میانی parietal، طول قاعده استخوان سرپوشی بیشتر (شکل ۳الف)، تعداد کمتر pterygiophore در باله مخرجی (شکل ۳ب)، زائده بخش جانبی-میانی basiptygoid باله شکمی به سمت زائده متناظر خود کشیده شده‌اند

تعداد ۲۰ صفت متمایزکننده بودند. بر اساس مقایسه صفات استخوان‌شناسی، صفات زیر به‌عنوان صفات متمایز کننده کلمه خزری نژاد ترکمنی از دو گروه دیگر یعنی کلمه‌های خزری نژاد کورا و کلمه شمالی محسوب می‌گردند: عرض supraethmoid کمتر،



شکل ۴ - استخوان‌های فک آویز (الف)، فک بالا (ب) و فک پایین (ج) گونه‌های جنس *Rutilus* در ایران.

An- angular; ASD- articular surface of dentary; CrP- coronoid process; Df- dentary foramen; Dn- dentary; Ecp- ectopterygoid; Enp- entopterygoid; Hy- eyomandibular; JFP: Junction Face of Palatine; Keth- kinethmoid; Ma- maxilla; MDeP- maxillary descending process; MDP-maxillary distal process; Met- metapterygoid; MMAP- maxillary mid lateral ascending process; OpJ- opercular joint; P- palatine; Pma- premaxilla; Q- quadrate; QAF- quadrate articular face; Ra- retroarticular; RAP- rostral ascending process; Sy- symplectic.

هیدرودینامیکی بدن ماهی اثر بگذارد (Naples and McAfee, 2012). صفاتی از قبیل فرم دهان، اندازه حفره دهانی، وضعیت تغذیه‌ای و رژیم غذایی ماهیان به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تحت تأثیر ابعاد و اشکال ساختارهای اسکلتی مجموعه ماهی قرار می‌گیرد (Gregory, 1933). ابعاد استخوان‌های بخش‌های مختلف بدن و حتی زوایای اجزاء استخوانی نسبت به یکدیگر می‌تواند سبب تغییر فرم ظاهری ماهیان شده و از این طریق بر قابلیت استفاده بهینه از شرایط بوم‌شناختی بیفزاید (Mafakheri *et al.*, 2015).

نتایج مقایسه استخوان‌شناسی آرایه‌های مورد بررسی نشان داده است که کلمه‌های خزری نژادهای ترکمنی و کورا و کلمه شمالی از نظر ویژگی‌های استخوان‌شناسی با یکدیگر متفاوت هستند. مطالعات ریخت‌شناسی بر روی این ماهیان نیز نتایج مشابهی را نشان داده است (Ghojoghi and Eagderi, 2014). کلمه خزری نژاد کورا و کلمه شمالی رودخانه ارس نسبت به کلمه خزری نژاد ترکمنی دارای عمق بدن بیشتر، چشم‌های کوچک‌تر و سرعت رشد بیشتر است (Berg, 1949; Holčík and Skořepa, 1971). وجود این تفاوت‌ها به‌واسطه پاسخ‌های انعطاف‌پذیری ریختی به دلیل تفاوت‌های محیطی از قبیل شرایط

(شکل ۳ج)، عدم همپوشانی بین entopterygoid (شکل ۴الف)، وجود تورفتگی اندک در ناحیه گردنی kinethmoid (شکل ۴ب) و شکل میله‌ای retroarticular در فک پایین (شکل ۴ج). اما صفاتی که به‌عنوان صفات هم‌پس‌ریخت سبب قرار گرفتن کلمه خزری نژاد کورا و کلمه شمالی در یک شاخه شدند شامل: فرم بیضوی استخوان retroarticular (شکل ۴ج)، طول قاعده سرپوش آبخشی کمتر (جدول ۱) و عدم وجود تورفتگی در ناحیه گردنی kinethmoid (شکل ۴ب) بودند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

امروزه از داده‌های استخوان‌شناسی به‌طور گسترده‌ای در مطالعات سیستماتیک ماهیان استفاده می‌شود (Gosline, 1963; Eastman, 1980; Diogo and Bills, 2006; Helfman *et al.*, 2009). اسکلت نسبت به سایر مهره‌داران از تعداد اجزاء استخوانی بیشتری تشکیل شده است، بنابراین برای مطالعات تبارشناسی به‌طور بالقوه اطلاعات بیشتری را در بر دارد (Gregory, 1933; Rojo, 1991). فرم استخوان‌ها به‌ویژه استخوان‌های ناحیه سر می‌تواند بر روی شکل سر اثر گذاشته و متعاقب آن بر قابلیت

جغرافیایی، اقلیمی و آب‌شناسی در محدوده پراکنش آن‌ها گزارش شده است (Kuliyev, 1984). چنین وضعیتی در مورد ماهیان یک پدیده شناخته شده است (Baumgartner *et al.*, 1988; Schluter and McPhail, 1992; Chan, 2001; Costa and Cataudella, 2007; Whitman and Agrawal, 2009). اساساً شرایط هیدرولوژیکی در نواحی جنوب شرق دریای خزر با سایر بخش‌های این دریا متفاوت است. در این نواحی عمق آب کمتر بوده و به همین دلیل دمای آب این نواحی به نسبت بیشتری تحت تأثیر فصول قرار می‌گیرد (Aladin and Plotnikov, 2004; Zonn *et al.*, 2010). از جمله سازگاری‌های شناخته شده با محیط‌های حوضچه‌ای و کم جریان، افزایش ارتفاع بدن است (Nasri *et al.*, 2013). علاوه بر شرایط فیزیکی زیست‌گاه، عواملی از قبیل رژیم غذایی و حتی اندازه غذای در دسترس نیز می‌تواند سبب بروز تفاوت‌های ریختی بین جمعیت‌های مختلف ماهیان شود (Ruehl and DeWitt, 2005; Ahmadivand *et al.*, 2013). در مورد تفاوت‌های ریختی آرایه‌های مختلف جنس کلمه در سواحل جنوبی دریای خزر نیز تأثیر شرایط اکولوژیکی بر ریخت ماهیان مورد تأیید قرار گرفته و برای جمعیت‌های این ماهی یک الگوی تمایز ریختی حاکی از تکامل در حال پیشرفت پیشنهاد شده است (Ghojoghi and Eagderi, 2014). مطالعات مولکولی و ریخت‌شناسی حاکی از وجود تنوع بالا در بین جمعیت‌های مختلف کلمه و ماهی سفید در جنوب دریای خزر است و در توضیح این تنوع، وجود رودخانه‌های مادری متعدد و در نتیجه وجود جمعیت‌های مولد مجزا عنوان شده است (Rezvani *et al.*, 2006; Abdolhay *et al.*, 2010; Abdolhay *et al.*, 2012). از این رو به نظر می‌رسد مهم‌ترین عواملی که در بروز و اعمال تفاوت‌های ریختی و به‌ویژه تفاوت‌های استخوان‌شناسی بین آرایه‌های مختلف کلمه در دریای خزر تأثیر گذاشته‌اند، تفاوت در شرایط اکولوژیکی است که می‌تواند مؤید تکامل در حال پیشرفت در بین آن‌ها باشد.

با توجه به نتایج درخت فیلوژنی تحقیق حاضر، کلمه شمالی ساکن رودخانه ارس و کلمه خزری نژاد کورا نسبت کلمه خزری نژاد ترکمنی قرابت خویشاوندی بیشتری به یکدیگر دارند. بنابراین به نظر می‌رسد کلمه شمالی (*R. rutilus*) که به‌عنوان گونه ساکن آب‌های شیرین سواحل جنوبی دریای خزر از جمله رودخانه ارس گزارش شده است (Kotlík *et al.*, 2004; Esmaili *et al.*, 2014)، در واقع جمعیتی از نژاد کلمه خزری نژاد کورا (*R. caspicus*) باشد. این آرایه‌ی ساکن رودخانه ارس احتمالاً به‌واسطه زندگی در رودخانه ارس با شرایط متفاوت محیطی تحت تأثیر انعطاف‌پذیری ریختی تفاوت‌های ریختی و استخوان‌شناسی را با جمعیت آن در سواحل جنوب غربی دریای خزر کسب کرده است. حتی این احتمال وجود دارد که کلمه خزری نژاد ترکمنی یک گونه متمایز از نژادهای کلمه خزری و شمالی باشد. با توجه به نتایج این تحقیق و مطالعات ریختی و مولکولی قبلی (Naddafi *et al.*, 2002; Patimar *et al.*, 2005; Rezvani *et al.*, 2006; Abdolhay *et al.*, 2010; Abdolhay *et al.*, 2012; Ghojoghi and Eagderi, 2014)، پیشنهاد می‌گردد که تا مشخص شدن وضعیت آرایه‌شناسی جمعیت‌های کلمه خزری سواحل جنوبی دریای خزر براساس شواهد بیشتر از جمله مطالعات مولکولی تکمیلی، تمامی آن‌ها کلمه خزری (*R. caspicus*) در نظر گرفته شود. در ضمن با توجه به نتایج این تحقیق و مطالعات قبلی، پیشنهاد می‌گردد که در برنامه‌های بازسازی ذخایر این گونه در سواحل جنوبی دریای خزر، از رهاسازی جمعیت‌های نواحی مختلف به بخش‌های دیگر به‌ویژه جمعیت‌های رودخانه‌ای خودداری گردد، چراکه این امر می‌تواند سبب کاهش تنوع ریختی و ژنتیکی در بین جمعیت‌های مختلف ماهی کلمه در سواحل جنوبی دریای خزر گردد.

با توجه به نتایج درخت فیلوژنی تحقیق حاضر، کلمه شمالی ساکن رودخانه ارس و کلمه خزری نژاد کورا نسبت کلمه خزری نژاد ترکمنی قرابت خویشاوندی بیشتری به یکدیگر دارند. بنابراین به نظر می‌رسد کلمه شمالی (*R. rutilus*) که به‌عنوان گونه ساکن آب‌های شیرین سواحل جنوبی دریای خزر از جمله رودخانه ارس گزارش شده است (Kotlík *et al.*, 2004; Esmaili *et al.*, 2014)، در واقع جمعیتی از نژاد کلمه خزری نژاد کورا (*R. caspicus*) باشد. این آرایه‌ی ساکن رودخانه ارس احتمالاً به‌واسطه زندگی در رودخانه ارس با شرایط متفاوت محیطی تحت تأثیر انعطاف‌پذیری ریختی تفاوت‌های ریختی و استخوان‌شناسی را با جمعیت آن در سواحل جنوب غربی دریای خزر کسب کرده است. حتی این احتمال وجود دارد که کلمه خزری نژاد ترکمنی یک گونه متمایز از نژادهای کلمه خزری و شمالی باشد. با توجه به نتایج این تحقیق و مطالعات ریختی و مولکولی قبلی (Naddafi *et al.*, 2002; Patimar *et al.*, 2005; Rezvani *et al.*, 2006; Abdolhay *et al.*, 2010; Abdolhay *et al.*, 2012; Ghojoghi and Eagderi, 2014)، پیشنهاد می‌گردد که تا مشخص شدن وضعیت آرایه‌شناسی جمعیت‌های کلمه خزری سواحل جنوبی دریای خزر براساس شواهد بیشتر از جمله مطالعات مولکولی تکمیلی، تمامی آن‌ها کلمه خزری (*R. caspicus*) در نظر گرفته شود. در ضمن با توجه به نتایج این تحقیق و مطالعات قبلی، پیشنهاد می‌گردد که در برنامه‌های بازسازی ذخایر این گونه در سواحل جنوبی دریای خزر، از رهاسازی جمعیت‌های نواحی مختلف به بخش‌های دیگر به‌ویژه جمعیت‌های رودخانه‌ای خودداری گردد، چراکه این امر می‌تواند سبب کاهش تنوع ریختی و ژنتیکی در بین جمعیت‌های مختلف ماهی کلمه در سواحل جنوبی دریای خزر گردد.

References

- Abdolhay, A., Khalijah, D.S., Gilkolahi, S.R., Pourkazemi, M., Shapor, S.S., Javanmard, A., 2012. Genetic diversity of Mahisefid (*Rutilus frisii kutum* Kamensky 1901) in different rivers of the south Caspian Sea using PCR-RFLP. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 11, 235-251.
- Abdolhay, H.A., Daud, S.K., Rezvani, Pourkazemi, M., Siraj, S.S., Laloei, F., Javanmard, A., Hassanzadeh, S., 2012. Population genetic structure of Mahi Sefid (*Rutilus frisii kutum*) in the of South Caspian Sea: Implications for fishery management. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 8, 15-26.
- Abdolhay, H.A., Khalijah, D.S., Pourkazemi, M., Siti, S.S., Rezvani, S., Kamal, A.-S.M., Sahafi, H.H., 2010. Morphometrics studies of Mahisefid (*Rutilus frisii kutum*, Kamensky, 1901) from selected rivers in the southern Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9, 1-18.
- Abdoli, A., 2000. The inland water fishes of Iran. Naghsh Mana Publication, Tehran, 378 p.
- Abdoli, A., 2016. The inlandwater fishes of Iran. Iran-Shenasi, Tehran, 272 p.
- Ahmadvand, S., Eagderi, S., Imanpour, M.R., 2013. The skeletal deformity in response of dietary phosphorus and calcium level in the Caspian roach (*Rutilus rutilus caspicus*) larvae. *International Journal of Aquatic Biology*, 1, 93-99.
- Aladin, N., Plotnikov, I., 2004. The Caspian Sea. Lake Basin Management Initiative, 1-29.
- Baumgartner, J.V., Bell, M.A., Weinberg, P.H., 1988. Body form differences between the Enos Lake species pair of threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* complex). *Canadian Journal of Zoology*, 66, 467-474.
- Berg, L.S., 1949. Freshwater fishes of Iran and adjacent countries. *Trudy Zoologiska Instituta Akademii Nauk*, 8, 783-858.
- Bogutskaya, N.G., Iliadou, K., 2006. *Rutilus panosi*, a new roach from western Greece (Teleostei: Cyprinidae). *Zoosystematica Rossica*, 14, 293-298.
- Britz, R., 1996. Ontogeny of the Ethmoidal Region and Hyopalatine Arch in *Macrogathus pancalus* (Percomorpha, Mastacembeloidei), with Critical Remarks on Mastacembeloid Inter- and Intrarelations. *American Museum of Natural History*, 3181, 1-18.
- Britz, R., Conway, K.W., 2009. Osteology of *Paedocypris*, a Miniature and Highly Developmentally Truncated Fish (Teleostei: Ostariophysi: Cyprinidae). *Journal of Morphology*, 270, 389-412.
- Carnevale, G., Haghfarshi, E., Abbasi, S., Alimohammadian, H., Reichenbacher, B., 2011. A new species of silverside from the Late Miocene of NW Iran. *Acta Palaeontologica Polonica*, 56, 749-756.
- Chan, M.D., 2001. Fish ecomorphology: predicting habitat preferences of stream fishes from their body shape. PhD, fisheries and wildlife sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, 269 p.
- Coad, B.W., 2016. Freshwater fishes of Iran. www.briancoad.com. Accessed 20 September 2016 .
- Costa, C., Cataudella, S., 2007. Relationship between shape and trophic ecology of selected species of Sparids of the Caprolace coastal lagoon (Central Tyrrhenian sea). *Environmental Biology of Fishes*, 78, 115-123.
- Diogo, R., Bills, R., 2006. Osteology and Myology of the Cephalic Region and Pectoral Girdle of the South African Catfish *Austroglanis gilli*, With Comments on the Autapomorphies and Phylogenetic Relationships of the Austroglanididae (Teleostei : Siluriformes). *Animal Biology*, 56, 39-62.
- Eastman, J.T., 1980. The Caudal Skeletons of Catostomid Fishes. *American Midland Naturalist*, 103, 133-148.
- Esmaeili, H.R., Coad, B.W., Mehraban, H.R., Masoudi, M., Khaefi, R., Abbasi, K., Mostafavi, H., Vatandoust, S., 2014. An updated checklist of fishes of the Caspian Sea basin of Iran with a note on their zoogeography. *Iranian Journal of Ichthyology*, 1, 152-184.
- Fiaz, A.W., Le'on-Kloosterziel, K.M., Gort, G., Schulte-Merker, S., Leeuwen, J.L.v., Kranenbarg, S., 2012. Swim-Training Changes the Spatio-Temporal Dynamics of Skeletogenesis in Zebrafish Larvae (*Danio rerio*). *PLOS ONE*, 7.
- Ghojoghi, F., Eagderi, S., 2014. Comparison of morphological characters in Turkmenian and Kura varieties of Caspian roach (*Rutilus rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) using geometric morphometric approach. *Journal of Fisheries*, 8, 1-6.
- Gosline, W.A., 1963. Notes on the osteology and systematic position of *Hypoptychus dybowskii* Steindachner and other elongate perciform fishes. *Pacific Science*, 17, 90-100.
- Gregory, W.K., 1933. Fish Skulls: A Study of the Evolution of Natural Mechanisms. Krieger Publishing Company, Malabar, 407 p.
- Helfman, G.S., Collette, B.B., Facey, D.E., Bowen, B.W., 2009. The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology. Wiley-Blackwell, 736 p.
- Hilton, E.J., 2003. Comparative osteology and phylogenetic systematics of fossil and living bony-tongue fishes (Actinopterygii, Teleostei, Osteoglossomorpha). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 137, 1-100.
- Holčík, J., Skořepa, V., 1971. Revision of the roach *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), with regard to its subspecies. *Annotationes Zoologicae et Botanicae, Bratislava*, 64, 1-60.
- Howes, G., 1982. Anatomy and evolution of the jaws in the semiplotine carps with a review of the genus *Cyprinion* Hechel, 1843 (Teleostei: Cyprinidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History)*. *Zoology*, 42, 299-335.
- Keyvanshokoh, S., Ghasemi, A., Shahrriari-Moghadam, M., Nazari, R.M., Rahimpour, M., 2007. Genetic analysis of *Rutilus rutilus caspicus* (Jakowlew, 1870) populations in Iran by microsatellite markers. *Aquaculture Research*, 38, 953-956.
- Keyvanshokoh, S., Kalbassi, M.R., 2006. Genetic variation of *Rutilus rutilus caspicus* (Jakowlew, 1870) populations in Iran based on random amplified polymorphic DNA markers: a preliminary study. *Aquaculture Research*, 37, 1437-1440.
- Kiabi, B.H., Abdoli, A., Naderi, M., 1999. Status of the fish fauna in the South Caspian Basin of Iran. *Zoology in the Middle East* 18, 57-65.
- Kotlík, P., Bogutskaya, N.G., Ekmekçi, F.G., 2004.

- Circum Black Sea phylogeography of *Barbus* freshwater fishes: divergence in the Pontic glacial refugium. *Molecular Ecology* 13, 87-95.
- Kuliyev, Z.M., 1984. Variation of morphometric indices in Caspian vobla, *Rutilus rutilus caspicus*. *Journal of Ichthyology* 24, 139-148.
- Lepiksaar, J., 1994. Introduction to Osteology of Fishes for Paleo- And Archaeozoologists. p.
- Mafakheri, P., Eagderi, S., Farahmand, H., Mosavii-Sabet, H., 2015. Descriptive Osteology of *Oxynoemacheilus Kermanshahensis* (Bănărescu and Nalbant, 1966) (Cypriniformes, Nemacheilidae). *Croatian Journal of Fisheries*, 221-238.
- Mironovskii, A.N., Kas'yanov, A.N., 1986. Struktura vida *Rutilus rutilus* v basseine Kaspiiskogo Morya [The *Rutilus rutilus* species structure in the Caspian Sea basin]. *Zoologicheskii Zhurnal*, 65, 1024-1031.
- Naddafi, R., Amiri, B.M., Kiabi, B.H., Abdoli, A., 2002. A comparative study of morphometric and meristic characters of the Caspian roach, *Rutilus rutilus caspicus*, in Gorgan-Rud estuary and Anzali Wetland, Iran. *Iranian Journal of Natural Resources*, 54, 383-399.
- Naples, V.L., McAfee, R.K., 2012. Reconstruction of the cranial musculature and masticatory function of the Pleistocene panamerican ground sloth *Eremotherium laurillardii* (Mammalia, Xenarthra, Megatheriidae). *Historical Biology*, 24, 187-206.
- Nasri, M., Eagderi, S., Farahmand, H., Hashemzade-SegharLoo, I., 2013. Body shape comparison of *Cyprinion macrostomum* (Heckel, 1843) and *Cyprinion watsoni* (Day, 1872) using geometric morphometric method. *International Journal of Aquatic Biology*, 1, 240-244.
- Nasri, M., Keivany, Y., Dorafshan, S., 2013. Comparative Osteology of Lotaks, *Cyprinion kais* and *C. macrostomum* (Cypriniformes, Cyprinidae), from Godarkhosh River, Western Iran. *Journal of Ichthyology*, 53, 455-463.
- Patimar, R., Kiabi, B., Salnikov, N., Kamali, A.G., Mesdaghi, M., 2005. Univariate and multivariate analysis of the morphological variability among Roach population (*Rutilus rutilus caspicus*) from Gomishan, Adji_Gol and Alma_Gol wetlands. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources (Animal and Aquatic Sciences)*, 11, 163-174.
- Rezvani, S., Eimanifar, A., Aghili, R., Laloei, F., 2006. PCR-RFLP analysis of mitochondrial DNA for identification of *Rutilus rutilus caspicus* populations on the southern coast of the Caspian Sea, Iran. *Journal of the Marine Biological Association, U.K*, 86, 1463-1467.
- Rojo, A.L., 1991. Dictionary of Evolutionary Fish Osteology. CRC Press, 273 p.
- Ruehl, C.B., DeWitt, T.J., 2005. Trophic plasticity and fine-grained resource variation in populations of western mosquitofish, *Gambusia affinis*. *Evolutionary Ecology Research*, 7, 801-819.
- Schluter, D., McPhail, J.D., 1992. Ecological Character Displacement and Speciation in Sticklebacks. *The American Naturalist*, 140, 85-108.
- Taylor, W.R., Van Dyke, G.C., 1985. Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. *Cybium*, 9, 107-119.
- Whitman, D.W., Agrawal, A.A., 2009. What is phenotypic plasticity and why is it important? In: Whitman, D.W., Ananthakrishnan, T.N. (Eds.), *Phenotypic Plasticity of Insects. Science Publishers, University of Minnesota*, pp. 1-63.
- Zonn, I.S., Kostianoy, A.G., Kosarev, A.N., Glantz, M.H., 2010. *The Caspian Sea Encyclopedia*. Springer, London, 537 p.

