

## استخوان‌شناسی جویبارماهی آلتا *Paraschistura alta* (Nemacheilidae) از حوضه آبریز سیستان، جنوب شرق ایران

مجید نوروزی<sup>۱</sup>، سید حامد موسوی ثابت<sup>۲\*</sup>، سهیل ایگدری<sup>۳</sup>

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.

۲. دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۲۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۹/۱۵

### چکیده

به واسطه پیچیدگی اعضای خانواده Nemacheilidae به لحاظ آرایه‌شناسی براساس صفات ریختی، محققان به دنبال استفاده از سایر خصوصیات آرایه‌شناختی از جمله استخوان‌شناسی، سعی در آرایه صفات تشخیصی مناسب دارند. از این‌رو، این تحقیق با هدف توصیف ساختار استخوان‌شناسی گونه *Paraschistura alta* به منظور ارائه صفات استخوان‌شناسی این گونه به اجرا درآمد. برای این منظور تعداد ۷ نمونه از حوضه آبریز سیستان جمع‌آوری و پس از شفاف‌سازی و رنگ‌آمیزی، ساختار استخوان‌شناسی آن توصیف گردید. بنابر نتایج مطالعه حاضر، گونه *P. alta* براساس صفات استخوان‌شناسی شامل میخی شکل بودن استخوان پیش‌وومر، داشتن تعداد ۳ عدد استخوان قاعده آبششی، ۱۰ عدد پتریجیفور باله پشتی، ۶ عدد هیپورال، مشبک بودن کیسه شنا و همچنین صاف تا کمی مژرس بودن استخوان فوق‌عصبی ۳ از سایر گونه‌های این جنس در ایران قابل تشخیص است.

واژگان کلیدی: تاکسونومی، آب شیرین، لوچ، اسکلت، رنگ‌آمیزی.

## ۱. مقدمه

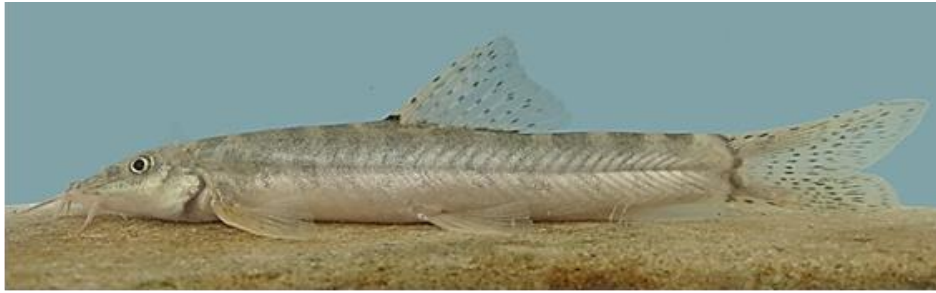
خانواده جویبارماهیان (Nemacheilidae) با اندازه کوچک ساکن آب‌های شیرین بوده و در قاره‌های آسیا، اروپا و شمال شرق آفریقا گسترش یافته‌اند (Prokofiev, 2010). این خانواده در ایران نیز با حدود ۴۵ گونه پس از خانواده Cyprinidae از نظر تنوع در ردیف دوم قرار دارند (Esmaeili et al., 2018). از جمله جنس‌های این خانواده *Paraschistura* می‌باشد که در ایران از حوضه تیگریس در غرب تا حوضه سیستان در شرق پراکنش دارد (Azimi, 2014). تاکنون حضور ۱۴ گونه از این جنس در ایران شامل *P. aredvii*, *P. abdolii*, *P. delvarii*, *P. cristata*, *P. bampurensis*, *P. naumanni*, *P. ilamensis*, *P. hormuzensis*, *P. susiani*, *P. kessleri*, *P. nielsenii* و *P. turcomana* و *P. alta* تایید گردیده است (Esmaeili et al., 2018).

پیچیدگی این گروه به لحاظ آرایه‌شناختی، شناسایی آن‌ها را با مشکل مواجه نموده است و این مشکل محققان را بر آن داشت تا علاوه بر صفات ریختی با استفاده از سایر خصوصیات آرایه‌شناختی از جمله الگوهای رنگ بدن و استخوان‌شناسی سعی در آرایه صفات تشخیصی مناسب داشته باشند که در این میان صفات استخوان‌شناسی بیشتر مورد توجه بوده است. Regan (۱۹۱۱) اولین مطالعه استخوان‌شناسی بر روی اعضای Nemacheilinae را منتشر نمود. Sawada (۱۹۸۲) در جامع‌ترین مطالعه استخوان‌شناسی جویبارماهیان به تشریح جزئیات استخوانی ۲۱ گونه وابسته به ۹ جنس پرداخت. اخیراً نیز Prokofiev (۲۰۰۹ و ۲۰۱۰) با استفاده از ویژگی‌های استخوان‌شناسی، رده‌بندی جدیدی را برای خانواده Nemacheilidae ارائه نمود. در ایران نیز طی سال‌های اخیر مطالعاتی توسط Mafakheri (۲۰۱۴) و Azimi (۲۰۱۴) بر روی استخوان‌شناسی اعضای خانواده جویبارماهیان صورت گرفته است. از این‌رو، این بررسی در ادامه تحقیقات قبلی و با هدف توصیف ساختار استخوان‌شناسی گونه *P. alta* به اجرا درآمد.

## ۲. مواد و روش‌ها

تعداد هفت نمونه از گونه *P. alta* از حوضه آبریز سیستان جمع‌آوری و پس از بی‌هوشی با استفاده از عصاره گل میخک، در فرمالین بافری ۱۰ درصد تثبیت شدند (شکل ۱). ساختار اسکلتی نمونه‌ها در آزمایشگاه براساس پروتکل Taylor و Van Dyke (۱۹۸۵) شفاف‌سازی و رنگ‌آمیزی شدند. سپس ساختارهای استخوانی آن‌ها زیر استریومیکروسکوپ جدا و توسط یک اسکندر (اپسون وی ۶۰۰) مجهز به حمام گلیسیرین اسکن شد. سپس تصاویر ساختارهای اسکلتی با استفاده از نرم‌افزار CorelDraw7 ترسیم شدند. نامگذاری ساختارهای استخوانی براساس Prokofiev (۲۰۰۹) و Rojo (۱۹۹۱) انجام شد که به ترتیب عبارتند از:

**Adp:** anal distal pterygiophore (دیستال پتیرجیوفور باله‌مخرجی); **Apl:** autopalatine (پتیرجیوفور باله‌مخرجی); **Art:** articular (مفصلی); **Bbr:** basibranchial (پایه‌آبششی); **Bhy:** basihyal (پایه پس‌سری); **Bo:** basioccipital (پایه‌لامی); **Br:** branchiostegale (شعاع‌های لامی); **Cbr:** ceratobranchial (شاخی آبششی); **Chy:** ceratohyal (غضروف شاخی لامی); **Cl:** cleithrum (استخوان); **Cm:** coronomeckelian (ترقوه); **Cor:** coracoid (غرابی); **Den:** dental (دندانی); **Dfr:** dorsal fin rays (شعاع خار باله‌پشتی); **Dfs:** dorsal fin spin (خار باله‌پشتی); **Dhy and Vhy:** dorsal and ventral hypohyal (زیر لامی پشتی و زیر لامی شکمی); **Dpr-2-4:** descending processes of the second and fourth centra (زائده بالارونده مهره اول و چهارم); **Dr:** distal radial (رادیال دور); **Ebr:** epibranchial (استخوان‌های فرآبششی); **Ect:** ectopterygoid (برون بالی); **Ehy:** epihyal (درون لامی); **End:** endopterygoid (فوق لامی); **Epo:** epiotic (فوق‌گوشی); **Epu:** epural (برون پس‌سری); **Exo:** exoccipital (بالا‌پره); **fon:** fontanelle (ملاج); **Fr:** frontal (پیشانی);



شکل ۱- نمای جانبی جویبارماهی آلتا *Paraschistura alta*، حوضه آبریز سیستان.

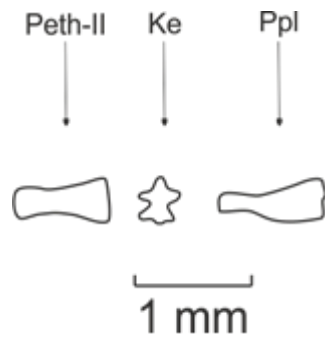
رادپال‌های استخوان (ossified pectoral radial (پس (Rar: Retroarticular (باله سینه‌ای (مفصلی) Sc: scapula (کتفی) Sca: scaphium (اسکافیوم) Se: supraethmoid-ethmoid (فرا (فوق عصبی ۲) Sn2: supraneural2 (فوق عصبی ۳) Sn3: supraneural 3 (فوق عصبی ۳) So: subopercle (زیرسرپوش آبششی) Soc: supraoccipital (فرا پس‌سری) spo: sphenotic (پروانه‌ای) Sty: stay; Sym: sympleti (ساده) Uhy: urohyal (یوروهیال) .

در ضمن برخی صفات اندازه‌شناسی شامل نسبت بخش پس‌سری و عرض مجسمه عصبی، نسبت طول ملاج به طول مجسمه عصبی، نسبت زائده افقی به زائده عمودی آرواره بالایی و نسبت عرض به ارتفاع استخوان رجلي میانی با استفاده از تصاویر ساختارهای استخوانی با استفاده از نرم‌افزار ImageJ اندازه‌گیری شدند.

### ۳. نتایج

مجموعه عصبی (Neuracranium) از چهار ناحیه اتموئید (Ethmoid)، بینایی (Orbital)، شنوایی (Otic) و پس‌سری (Occipital) تشکیل شده است و بخش خلفی آن پهن‌تر است (شکل ۲). ناحیه اتموئید شامل شش استخوان اتموئید فوقانی-اتمئید، پیش‌اتمئید-II، اتمئید جانبی، خویش‌اتمئید، پیش‌وومر و پیش‌کامی می‌باشد. استخوان اتمئید فوقانی-اتمئید به صورت یک تیغه عمودی بر روی بخش میانی پیش‌وومر واقع شده است (شکل ۱-۲). استخوان پیش‌وومر در بخش قدامی پهن است و توسط یک اتصال زیگزاگی شکل به استخوان پیشانی متصل

سوراخ برون (foramen exoccipital) **fr-Exo:** استخوان یا (hypobranchial) **Hbr:** (پس‌سری فکی) **Hm:** hyomandibular (غضروف زیر آبششی لامي) **Hp:** hypural (هیپورال) **Hpu2:** hemal processes of the second preural centrum (زائده خونی دومین مهره پری‌اورال) **Ihy:** interhyal (بین لامي) **Io:** interopercle (بین سرپوش آبششی) **Ke:** kinethmoid (سرپوش آبششی) **Let:** lateral ethmoid (خویش‌اتمئید) **Mcor:** mesocoracoid (میان) **Mp:** mesial pterygiophore; **Mr:** medial radial; **Mtp:** metapterygoid (بین رجلي) **Mx:** maxilla (فکی) **Na4:** neural arch 4 (کمان عصبی ۴) **Npu2:** neural spine of the second preural centrum (خار عصبی دومین) (سرپوش آبششی) **Op:** opercle (مهره پری‌اورال) **Pa:** parietal (حدقه‌ای پروانه‌ای) **Pb:** pharyngobranchial (آهیانه) **Pbr:** pharyngobranchial (پیش‌وومر) **Pe:** prevomer (حلقی آبششی) **pect-R:** ray of the pectoral fin (شعاع‌های باله) (سینه‌ای) **Peth-II:** preethmoid-II (II-پیش‌اتمئید) **Ph:** parhypural (زیر دم‌پره) **Pmx:** Premaxilla (پیش‌فکی) **Po:** preopercle (پیش‌سرپوش آبششی) **Pp:** pterygiophore (پیش‌کامی) **pr-Bo:** basioccipital process (زائده پایه پس‌سری) **Pro:** prootic (پیش‌گوشی) **Ps:** parasphenoid (پلئوراستیل) **Pst:** pleurostyle (فرا پروانه‌ای) **Pto:** pterotic (بالی‌گوشی) **Pts:** pterosphenoid (مربعی) **Rad:** (بالی‌پروانه‌ای) **Q:** quadrate

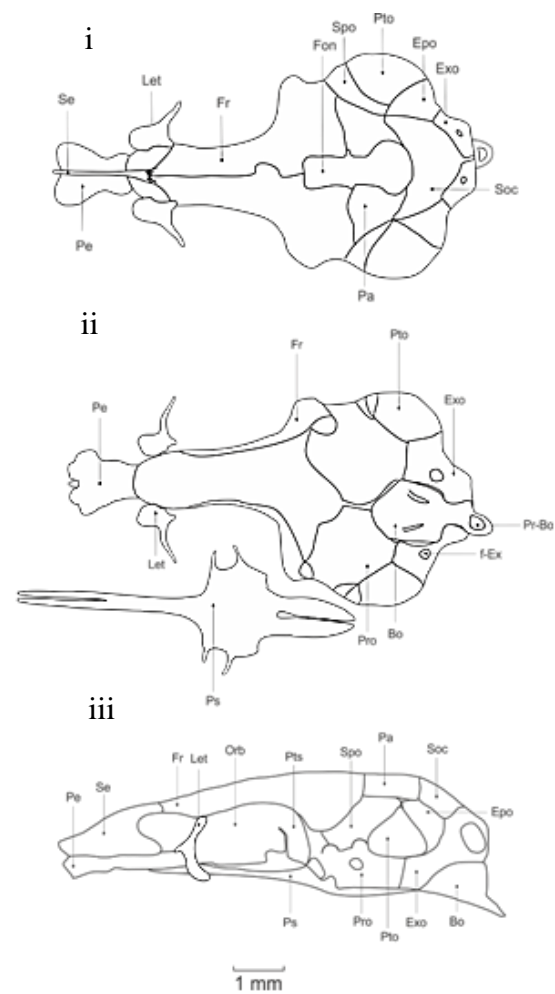


شکل ۳ - نمای جانبی پیش‌اتمئید-II، پیش کامی، خویش‌اتمئید و سزامئید جویبارماهی آلتا *Paraschistura alta*.

**Peth-II: preethmoid-II, Ppl: Prepalatine, Ke: kinethmoid, Ses: sesamoid.**

اتمئید جانبی L شکل است که دارای دو زائده جانبی-داخلی و یک زائده قدامی عمود می‌باشد که به استخوان حدقه‌ای پروانه‌ای متصل می‌گردد. بین دو استخوان فکی، استخوان کوچک خویش‌اتمئید قرار گرفته است. زوج استخوان سزامئید در ناحیه اتمئید و بین پیش‌اتمئید-II واقع شده است (شکل ۳).

ناحیه بینایی شامل استخوان‌های پیشانی، حدقه‌ای پروانه‌ای، بالی پروانه‌ای، اطراف پروانه‌ای، اشکی (Lacrimal)، و اسکروتیک (Sclerotic) می‌باشد. استخوان پیشانی بزرگ‌ترین استخوان سقف جمجمه عصبی است که در بخش قدامی باریک و نواری شکل بوده و در بخش خلفی پهن می‌گردد. حاشیه جانبی-داخلی بخش خلفی این استخوان در تشکیل ملاج شرکت دارد. استخوان بالی پروانه‌ای در بخش قدامی به حدقه‌ای پروانه‌ای، در بخش پشتی به استخوان پیشانی و در بخش شکمی به استخوان اطراف پروانه‌ای متصل است. در محل اتصال استخوان‌های حدقه‌ای پروانه‌ای، پیشانی و اطراف پروانه‌ای یک حفره وجود دارد. استخوان دراز و کشیده اطراف پروانه‌ای از استخوان پیش‌ووومر آغاز و تا قاعده پس‌سری ادامه دارد و در دو انتهای خود دوشاخه است. این استخوان در بخش میانی پهن تر شده و دارای دو برآمدگی جهت اتصال به استخوان بالی پروانه‌ای می‌باشد. این ناحیه بین ۵۵ تا ۷۰ درصد از طول کل جمجمه عصبی را در برمی‌گیرد.



شکل ۴ - جمجمه عصبی جویبارماهی آلتا *Paraschistura alta*.

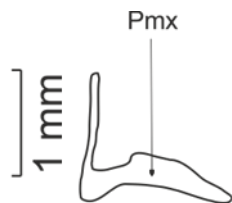
**Neuracranium (from the dorsal (I), lateral (II), and ventral (III): pr-Bo: basioccipital process; Bo: basioccipital; Epo: epiotic; Exo: exoccipital; fon: fontanelle; Fr: frontal; fr-Exo: foramen exoccipital; Let: lateral ethmoid; Orb: orbitophenoid; Pa: parietal; Pe: prevomer; Pro: prootic; Ps: parasphenoid; Pto: pterotic; Pts: pterosphenoid; Se: supraethmoid-ethmoid; Soc: supraoccipital; spo: sphenotic.**

می‌گردد. جفت استخوان پیش‌اتمئید-II استخوانی باریک بوده و در بخش قدامی استخوان پیش‌ووومر واقع شده است و بخش خلفی آن دارای دو فرورفتگی مفصلی است (شکل ۳). فرورفتگی شکمی آن با بخش قدامی استخوان پیش‌ووومر و فرورفتگی پشتی با استخوان پیش‌کامی مفصل می‌گردد. لبه قدامی پیش‌اتمئید-II دارای یک فرورفتگی مفصلی برای اتصال با استخوان فکی می‌باشد. استخوان



شکل ۴ - استخوان فکی جویبارماهی آلتا  
*Paraschistura alta*

**Mx: maxilla**



شکل ۵ - استخوان پیش‌فکی جویبارماهی آلتا  
*Paraschistura alta*

**Pmx: Premaxilla.**

زائده حلقوی است. در حاشیه خلفی این استخوان برجستگی استخوانی (Occipital condyle) جهت اتصال به ستون مهره وجود دارد. این استخوان در لبه قدامی به دو استخوان پیش‌گوشی و اطراف‌پروانه‌ای اتصال دارد. در تمامی گونه‌ها این ناحیه کمتر از ۳۰ درصد طول جمجمه عصبی را به خود اختصاص داده است.

جمجمه احشایی (Branchiocranium): فک بالا (Upper jaw): شامل دو استخوان فکی (شکل ۴) و پیش‌فکی می‌باشد (شکل ۵). استخوان پیش‌فکی L شکل و باریک بوده و از دو بخش افقی و عمودی تشکیل شده است که بخش افقی آن کمانی شکل و پهن‌تر از بخش عمودی آن است. استخوان فکی در دو انتها دارای دو زائده رو به پایین است. در لبه قدامی دارای یک زائده شکمی رو به عقب می‌باشند. فک پایین (Lower jaw) به صورت جفت و L شکل بوده و شامل استخوان‌های دندانی، پس مفصلی، مفصلی، منحنی مکل می‌باشد (شکل ۶). استخوان دندانی در ناحیه شکمی-قدامی دارای یک زائده دراز است. این استخوان از ناحیه خلفی با استخوان مفصلی همپوشانی و اتصال دارد. استخوان پس مفصلی در ناحیه شکمی-خلفی و لبه خلفی دندانی وجود دارد. استخوان مکل بر روی ناحیه سطحی میانی دندانی واقع شده است.

ناحیه شنوایی دارای پنج استخوان آهیانه، پروانه‌ای، پیش‌گوشی، بالی‌گوشی و فوق‌گوشی می‌باشد (شکل ۱-۲). لبه جانبی داخلی آهیانه در تشکیل ملاج شرکت دارد. استخوان آهیانه در لبه خلفی به استخوان فوق‌پس‌سری متصل می‌گردد. استخوان پروانه‌ای مثلثی شکل بوده و از حاشیه شکمی-قدامی به استخوان اطراف‌پروانه‌ای، در بخش پشتی-خلفی به بالی‌گوشی، در ناحیه قدامی به پیشانی و در حاشیه شکمی-خلفی به آهیانه و در لبه خلفی به فوق‌گوشی متصل است. جفت استخوان پیش‌گوشی در ناحیه پشتی‌میانی دارای یک حفره بوده و از ناحیه پشتی به استخوان بالی‌گوشی متصل و در ناحیه خلفی خود دارای یک زائده نوک‌تیز می‌باشد. این زائده استخوان پیش‌گوشی در لبه خلفی خود به استخوان قاعده‌ای پس‌سری و از ناحیه پشتی به استخوان پس‌سری خارجی اتصال دارد (شکل ii-۲). استخوان بالی‌گوشی که تقریباً مثلثی شکل است و جانبی‌ترین و عریض‌ترین بخش جمجمه عصبی را تشکیل می‌دهد (شکل i-۲). استخوان بالی‌گوشی از ناحیه پشتی-قدامی به پروانه‌ای، از ناحیه شکمی به پیش‌گوشی و از ناحیه پشتی-خلفی به فوق‌گوشی اتصال دارد. استخوان فوق‌گوشی از ناحیه پشتی-قدامی به آهیانه، از ناحیه پشتی-خلفی به فوق‌پس‌سری و شکمی-خلفی به پس‌سری خارجی متصل است و لبه نوک‌تیز قدامی آن به پروانه‌ای می‌رسد (شکل ۲).

ناحیه پس‌سری از سه استخوان پس‌سری خارجی، فوق‌پس‌سری و قاعده پس‌سری تشکیل شده است (شکل i-۲). استخوان فوق‌پس‌سری به‌طور نسبی بزرگ و پهن بوده و دارای لبه قدامی مقعر می‌باشد که در تشکیل ملاج نیز نقش دارد و در قسمت خلفی نیز کمی باریک شده است. این استخوان از ناحیه جانبی-قدامی به فوق‌گوشی و از ناحیه جانبی-خلفی به پس‌سری خارجی اتصال دارد. جفت استخوان پس‌سری خارجی، دارای یک حفره بزرگ در ناحیه پشتی خلفی و یک حفره کوچک در ناحیه شکمی-قدامی می‌باشند. استخوان قاعده پس‌سری در ناحیه خلفی دارای یک

مربعی وجود دارد.

کمان رجلی: این مجموعه از استخوان‌های رجلی میانی، رجلی خارجی، رجلی داخلی و خودکامی تشکیل شده است (شکل ۷). استخوان‌های رجلی میانی در ناحیه پشتی دارای دو زائده است. استخوان رجلی خارجی در ناحیه پشتی-قدامی استخوان مربعی واقع شده است. رجلی داخلی دوکی شکل و دراز بوده و در بخش میانی پهن تر و در ناحیه قدامی دارای یک کندیل جهت اتصال به استخوان خودکامی می‌باشد. استخوان خودکامی دارای یک برآمدگی شکمی است که با استخوان پیش‌اتموئید مفصل می‌شود.

مجموعه استخوان‌های سرپوش آبششی: شامل سرپوش آبششی، پیش‌سرپوش آبششی، زیرسرپوش آبششی و میان‌سرپوش آبششی می‌باشد (شکل ۷). در قسمت قدامی-پشتی، سرپوش آبششی دارای یک زائده می‌باشد و در زیر آن، یک فرورفتگی مفصلی وجود دارد که این استخوان را با فکی لامی مفصل می‌کند. این استخوان در بخش شکمی-قدامی دراز و نوک تیز بوده و با زیرسرپوش آبششی همپوشانی دارد. بخش خلفی-شکمی سرپوش آبششی گرد شده و به حاشیه خلفی زیرسرپوش آبششی متصل می‌گردد. قسمت قدامی زیرسرپوش آبششی باریک‌تر از ناحیه خلفی آن است که به ناحیه میان‌سرپوش آبششی اتصال دارد. استخوان میان‌سرپوش آبششی دراز بوده و بخش جانبی داخلی آن به استخوان بین‌لامی متصل می‌گردد. مجموعه استخوان‌های کمان آبششی (Branchial apparatus): شامل پنج جفت استخوان غضروفی آبششی، چهار جفت استخوان فوق‌آبششی، سه جفت استخوان زیرآبششی، دو جفت استخوان حلقی آبششی و سه استخوان منفرد قاعده‌ای آبششی می‌باشد (شکل ۸).

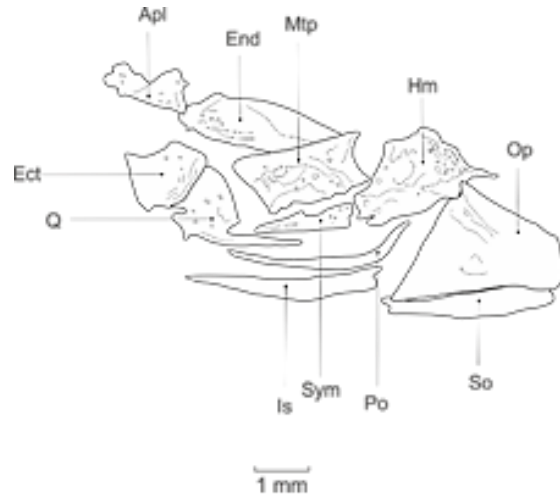
مجموعه استخوان‌های کمان لامی (Hyoid arch): از استخوان‌های منفرد لامی و قاعده‌ای لامی و جفت استخوان‌های تحت‌لامی، غضروفی لامی، فوق‌لامی، بین‌لامی و سه جفت شعاع پایه‌آبششی تشکیل شده



شکل ۶ - نمای جانبی آرواره زیرین جویبارماهی آلتا

*Paraschistura alta*

Art: articular; Cm: coronomeckelian; Den: dental; Rat: ratroarticular.

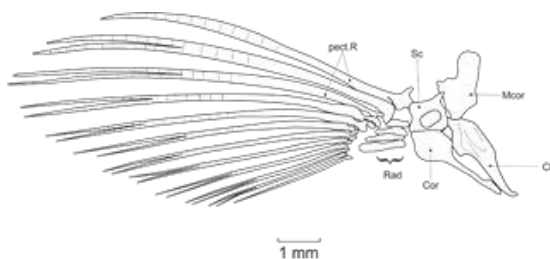


شکل ۷ - مجموعه استخوان‌های کمان احشایی

جویبارماهی آلتا *Paraschistura alta*

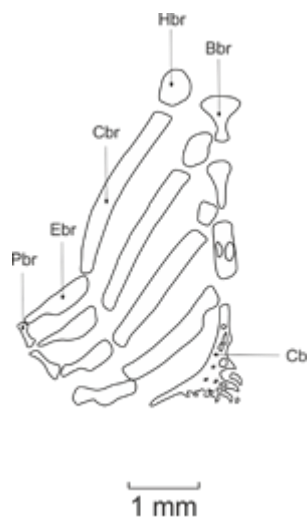
Apl: autopalatine; Ect: ectopterygoid; End: endopterygoid; Hm: hyomandibular; Io: interopercle; Mtp: metapterygoid; Op: preopercle; Q: quadrate; So: subopercle; Sym: symplectic.

فک‌آویز (Suspensorium): استخوان‌های این مجموعه عبارت‌اند از مربعی، ساده و فکی لامی که به سمت پایین تمایل دارند (شکل ۷). استخوان فکی لامی در بخش پشتی پهن بوده و دارای دو کندیل جهت اتصال به جمجمه عصبی است. در حاشیه خلفی این استخوان یک کندیل دیگر نیز جهت اتصال به سرپوش آبششی وجود دارد. استخوان مربعی دارای زائده دراز و متمایل به عقب است و در بخش قدامی شکمی یک فرورفتگی مفصلی برای اتصال به پس مفصلی وجود دارد. استخوان ساده باریک و کشیده است که در ناحیه قدامی پهن‌تر می‌باشد و در حاشیه خلفی استخوان



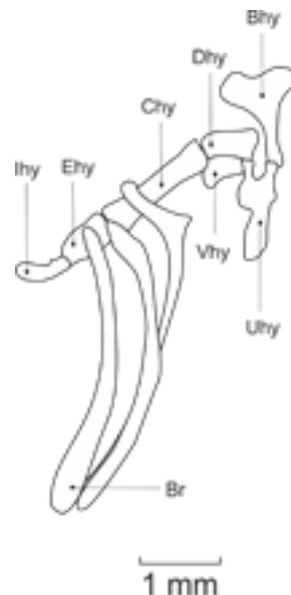
شکل ۱۰- استخوان‌های کمر بند سینه‌ای و شعاع‌های باله  
سینه‌ای جویبارماهی آلتا *Paraschistura alta*  
**Cl:** clethrum; **Cor:** coracoid; **Mcor:**  
**mesocoracoid;** **pect-R:** ray of the pectoral fin;  
**Rad:** ossified pectoral radial; **Sc:** scapula.

(Vhy) است. استخوان‌های تحت‌لامی به حاشیه خلفی استخوان غضروفی‌لامی متصل می‌گردند. استخوان تحت‌لامی پشتی در ناحیه شکمی دارای یک زائده‌ی رو به پایین است. غضروفی‌لامی در بخش میانی باریک‌تر شده و اولین شعاع پایه‌آبششی به آن متصل می‌گردد. دومین شعاع به محل اتصال این استخوان با استخوان فوق‌لامی متصل می‌شود. استخوان فوق‌لامی در بخش میانی دارای فرورفتگی می‌باشد که سومین شعاع به آن متصل می‌گردد. همچنین شعاع‌های پایه‌آبششی تا لبه پشتی سرپوش آبششی امتداد دارد. کمر بند سینه‌ای (Pectoral girdle): این مجموعه عبارت است از استخوان‌های غرابی، فوق‌غرابی، ترقوه، ترقوه‌میانی، کتف، پشتی گیجگاهی و رادیال‌های (شکل ۱۰). استخوان کوچک فوق‌گیجگاهی در ناحیه جانبی-داخلی پشتی گیجگاهی واقع شده است. فوق‌غرابی استخوانی مربعی شکل بوده و از ناحیه پشتی-شکمی به استخوان غرابی متصل است. پشتی گیجگاهی استخوانی بلند است که بین استخوان‌های فوق‌غرابی و فوق‌گیجگاهی قرار گرفته است. همچنین این استخوان از ناحیه خلفی به فوق‌گوشی اتصال دارد که بدین سبب کمر بند سینه‌ای را به جمجمه عصبی متصل می‌نماید. استخوان غرابی بزرگ‌ترین استخوان در کمر بند سینه‌ای است و از ناحیه پشتی-قدامی به استخوان فوق‌غرابی و از ناحیه جانبی-میانی به استخوان ترقوه‌میانی متصل است. ناحیه قدامی ترقوه باریک‌تر از ناحیه خلفی آن است. کتف دارای حفره بزرگی است و بین استخوان‌های غرابی و ترقوه



شکل ۸ - مجموعه استخوان‌های کمان آبششی  
جویبارماهی آلتا *Paraschistura alta*

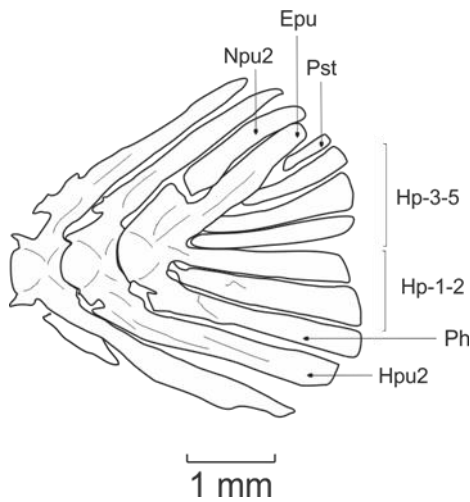
**Bbr:** basibranchial; **Cbr:** ceratobranchial;  
**Ebr:** epibranchial; **Hbr:** hypobranchial; **Pbr:**  
pharyngobranchial.



شکل ۹ - استخوان‌های کمان‌لامی جویبارماهی آلتا  
*Paraschistura alta*

**Bhy:** basihyal; **Br:** branchiostegale; **Chy:**  
ceratohyal; **Dhy and Vhy:** dorsal and ventral  
hypohyal; **Ehy:** epihyal; **Ihy:** interhyal; **Uhy:**  
urohyal.

است (شکل ۹). استخوان لامی Y شکل بوده و در ناحیه شکمی استخوان قاعده‌ای لامی قرار گرفته است. استخوان قاعده‌ای لامی به‌طور عمومی T شکل می‌باشد. این استخوان در حاشیه قدامی و خلفی به جفت استخوان تحت‌لامی اتصال دارد. جفت استخوان تحت‌لامی خود دارای دو بخش پشتی (Dhy) و شکمی



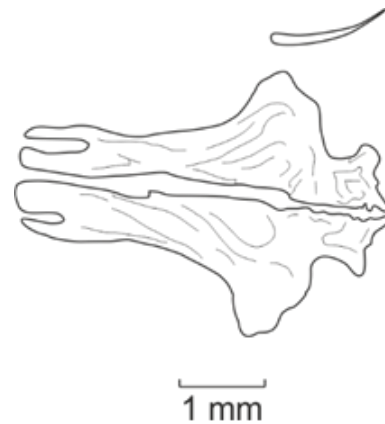
شکل ۱۳ - اسکلت باله دمی جویبارماهی آلتا

*Paraschistura alta*

**Epu:** epural; **Hp:** hyporal; **Npu2:** neural spine of the second preural centrum; **Hpu2:** hemal processes of the second preural centrum; **Ph:** parhypural; **Pst:** pleurosyle.

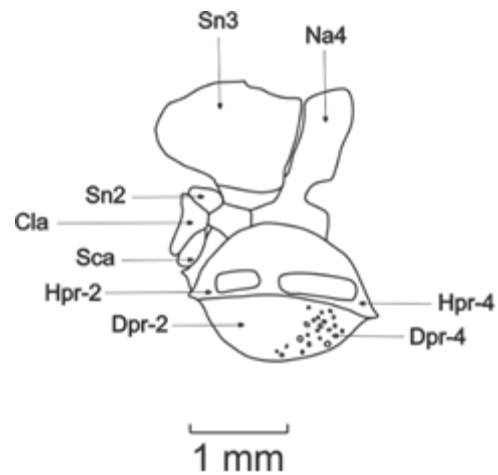
مطالعه دارای ۳۳-۳۷ جسم مهره می باشد که مهره اول تا چهارم در تشکیل دستگاه وبر و کپسول کیسه شنا شرکت دارند. استخوانچه های *Tripus*, *Intercalarium*, *Scaphium* و *Clastrum* نیز در تشکیل ساختار دستگاه وبر مشارکت دارند (شکل ۱۲). از تغییر شکل چهارمین جسم مهره کپسول استخوانی ایجاد شده است. در حاشیه جانبی این کپسول دو منفذ وجود دارد که منفذ قدامی گرد و منفذ خلفی کشیده و بزرگ تر از منفذ قدامی است. کپسول شنا متخلخل است.

صفحه دمی (*Hypural Plate*): آخرین جسم مهره و شعاع های اصلی و *Procurrent* و مجموعه ای از زوائد استخوانی، اسکلت باله دمی را تشکیل می دهند. زوائد دمی شامل پنج استخوان هیپورال، استخوان های منفرد اپورال، پاراهیپورال، پلئوراستیل می باشند (شکل ۱۳). صفحه ی دمی محل اتصال یک زوج شعاع غیرمنشعب در بالا و پایین و ۱۶ شعاع منشعب در بین آن است. اسکلت حمایت کننده باله پشتی (*Dorsal fin*): باله پشتی دارای ۴ شعاع غیرمنشعب و ۸ شعاع منشعب و همچنین ۱۰ سری پتریجیفور و یک استای می باشد (شکل ۱۴). اولین دیستال باله پشتی نسبت به سایرین بزرگ تر بوده و محل اتصال سه شعاع غیرمنشعب اول



شکل ۱۱ - کمر بند شکمی جویبارماهی آلتا

*Paraschistura alta*



قرار گرفته است تعداد رادیال ها ۴ عدد می باشد که یک

شکل ۱۲ - نمای جانبی کپسول شنا جویبارماهی آلتا

*Paraschistura alta*

**Cla:** claustrum; **Dpr-2-4:** descending processes of the second and fourth centra; **Na4:** neural arch 4; **Sca:** scaphium; **Sn2:** supraneural 2; **Sn3:** supraneural 3.

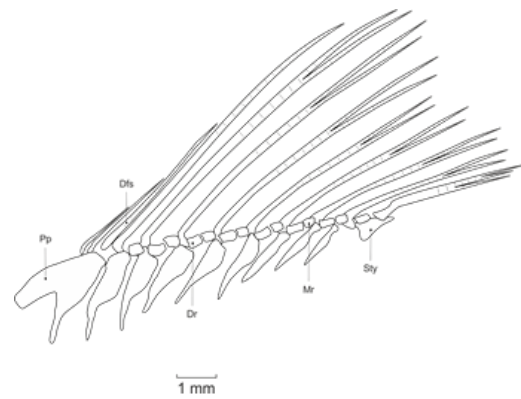
شعاع غیرمنشعب قرار گرفته و تعداد ۱۱ شعاع منشعب باله سینه ای به آن متصل می باشد.

کمر بند شکمی (*Pelvic girdle*): شامل جفت استخوان شکمی (*Pb*) و استیلوئید (*Styl*) می باشد (شکل ۱۱). استخوان شکمی در بخش قدامی دوشاخه و در بخش خلفی-میانی عریض و در بخش خلفی کوچک تر می باشد. استخوان استیلوئید در بخش خارجی اولین شعاع غیرمنشعب باله شکمی واقع شده است.

اسکلت محوری (*Axial skeleton*): گونه مورد



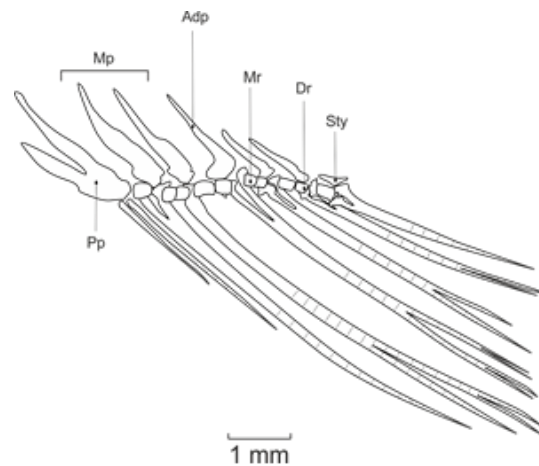
در گونه *P. alta* به یکدیگر اتصال دارند؛ Prokofiev (۲۰۱۰) بیان نمود که این دو استخوان به‌غیر از گونه‌های *Yunnanilus pleurotaenia*، *T. tenuis*، *Triplophysa microphthalmia*، *Oreonectes T. microphthalmia* در بقیه گونه‌های خانواده Nemacheilidae کاملاً به هم جوش خورده‌اند. همچنین Sawada (۱۹۸۲) گونه *Schistura fasciolata* را از این خصوصیت مستثنی نمود. Sawada (۱۹۸۲) بر این عقیده بود که از این خصوصیت می‌توان به‌عنوان یک ویژگی فیلوژنتیکی استفاده نمود در حالی که Prokofiev (۲۰۱۰) عنوان نمود که خصوصیت اخیر یک ویژگی فیلوژنی نیست، زیرا طی مطالعات وی گونه‌های *T. stoliczkae* و *Orthrias barbatulus toni* هر دو حالت جوش-خوردگی و عدم جوش‌خوردگی دو استخوان فوق‌اتموئید و پیش‌اتموئید را داشتند. اتصال این دو استخوان در گونه‌های *Paracobitis hircanica* (Azimi et al., 2015)، *Oxyanoemacheilus kermanshahensis* (Mafakheri et al., 2015) و *O. kiabii* (Mafakheri et al., 2014) نیز گزارش شده است. در گونه *P. alta* استخوان پیش‌اتموئید I-مشاهده نشد که عدم وجود این جفت استخوان به‌دلیل همگون‌سازی و الحاق با استخوان پیش‌ووومر است (Prokofiev, 2010)، اما وجود این استخوان در جنس‌های *Yunnanilus*، *Triplophysa*، *Orthrias*، *Lefua*، *Micronoemacheilus*، *Oreonectes Hedinichthys* و *Eonemachilus* گزارش شده است (Prokofiev, 2010). استخوان اتموئیدجانبی نیز در گونه *P. alta* به حاشیه قدامی استخوان حدقه‌ای پروانه‌ای متصل بود، در حالی که Prokofiev (۲۰۱۰) بیان نمود که استخوان اتموئیدجانبی در تمامی لوچه‌ها به‌طور محکم به استخوان اتموئیدفوقانی اتصال دارد. گونه *P. alta* فاقد استخوان تیغه‌ای بین آهیانه و بالی‌گوشی است، در حالی که وجود این استخوان در جنس‌های *Schistura*، *Nemacheilus*، *Mesonoemacheilus* و *Acanthocobitis* گزارش گردیده است (Prokofiev, 2010). استخوان‌های پروانه‌ای و فوق‌گوشی نیز در این گونه همانند سایر اعضای این جنس تماس داشتند (Prokofiev, )



شکل ۱۴ - اسکلت باله پستی جویبارماهی آلتا

*Paraschistura alta*

Dfr: dorsal fin rays; Dfs: dorsal fin spin; Dr: distal radial; Mr: medial radial; Pp: pterygoiphore; Sty: stay.



شکل ۱۵ - اسکلت باله مخرجی جویبارماهی آلتا

*Paraschistura alta*

Adp: anal distal pterygoiphore; Dr: distal radial; Mp: mesial pterygoiphore; Mr: medial radial; Pp: pterygoiphore; Sty: stay.

باله پستی است. اولین و آخرین دیستال منفرد و باقی به‌صورت جفتی می‌باشند. گونه مورد بررسی دارای ۱۰ عدد پتریجیفور می‌باشند و تعداد دیستال‌های آنان نیز ۱۴ عدد می‌باشد.

اسکلت حمایت‌کننده باله‌مخرجی (Anal fin): باله‌مخرجی دارای ۳ شعاع غیرمنشعب، ۵ شعاع منشعب، ۸ سری استخوان پتریجیفور که به آخرین آن Sty اطلاق می‌گردد، می‌باشد (شکل ۱۵). اولین و آخرین دیستال منفرد می‌باشد.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

استخوان‌های اتموئیدفوقانی-اتموئید و پیش‌ووومر

*Oxyne-macheilus* متغیر بوده به طوری که تعداد آن را Sawada (۱۹۸۲) در گونه *O. jordanicus* چهار عدد و Prokofiev (۲۰۱۰) در دو گونه *O. brandti* و *O. panther* گزارش نموده است. Mafakheri و همکاران (۲۰۱۴) نیز تعداد ۴ عدد استخوان قاعده آبششی را در گونه *O. kiabii* گزارش کرده است. بر اساس مطالعات انجام گرفته افزایش تعداد استخوان قاعده آبششی از سه به چهار عدد یا کاهش آن به دو عدد در خانواده Nemacheilidae می تواند به عنوان یک ویژگی مشتق شده در نظر گرفته شود. همچنین در مواردی از اختلافات درون و بین گونه ای برای احتیاط از این ویژگی جهت رده بندی ویژه لوچها استفاده می شود (Prokofiev, 2010). تعداد استخوان های حلقی آبششی در گونه *P. alta* دو عدد می باشد. حضور استخوان تنها در گونه های *N. postventralis* توسط Sawada (۱۹۸۲) و در گونه های *O. angorae* و *Afronemacheilus kaffa* و جنس *Triplophysa* مورد تائید قرار گرفته است (Prokofiev, 2010). همچنین تعداد استخوان حلقی آبششی در گونه های *O. bergianus* و *P. sargadensis* سه عدد گزارش شده است (Azimi, 2014).

در خانواده Nemacheilidae کپسول شنای استخوانی به وسیله تقسیمات جانبی به دو قسمت و همچنین مشارکت در شکل گیری زائده نزولی پاراپوفیز مهره دوم، ویژگی یافته است (Prokofiev, 2010). در گونه *P. alta* همانند اعضای خانواده Nemacheilidae مهره پنجم دارای ساختار معمول است. اولین مهره در تشکیل کپسول استخوانی دخالت نداشته، اما در تمامی اعضای این خانواده، دومین و سومین مهره به یکدیگر جوش خورده اند و پاراپوفیز این مجموعه به خوبی توسعه یافته است. به طور استثنا در جنس *Hedininchthys* مهره پنجم نیز در شکل گیری کپسول شنا نقش دارد (Rendahl, 1933).

در جنس *Hedininchthys* پاراپوفیز مهره پنجم دوشاخه بوده و زائده قدامی ضخیم آن، قسمتی از دیواره خلفی، خلفی-پشتی کپسول استخوانی را شکل می دهد. پاراپوفیز استخوان های تشکیل دهنده کپسول استخوانی به صورت افقی به دو زائده نزولی

(2010).

ساختار باله دمی یکی از مهم ترین خصوصیات فیلوژنی، جهت درک روابط تبارشناختی بین ماهیان است (Gosline, 1961; Monod, 1968; Sawada, 1982). در لوچ ماهیان ساختار اسکلت دمی متشکل از ۵-۶ استخوان دم پره می باشد (Prokofiev, 2010). گونه *P. alta* دارای ۶ دم پره می باشد. تعداد شعاع های اصلی در باله دمی گونه *P. alta* ۱۸ (۹+۹) بود است. تعداد این شعاع ها در باله دمی خانواده Nemacheilidae توسط Sawada (۱۹۸۲) ۱۵ تا ۲۰ عدد و توسط Prokofiev (۲۰۱۰) ۱۲-۱۷ ذکر شده است.

استخوان کرومومکلین (Cm) گونه *P. alta* بر روی ناحیه پشتی میانی استخوان مفصلی قرار گرفته است که با مطالعات Sawada (۱۹۸۲) مشابهت دارد. در حالی که Prokofiev (۲۰۱۰) اعلام نموده که این استخوان کوچک بر روی زائده کروئوئید استخوان دندانی قرار گرفته است. گونه *P. alta* دارای استخوان دم لابی زوج می باشد. Prokofiev (۲۰۱۰) حضور این استخوان کوچک را مورد بررسی قرار نداده است؛ اما حضور این استخوان با نام Sublingual توسط Sawada (۱۹۸۲) در خانواده Nemacheilidae تائید شده است.

تعداد استخوان های قاعده آبششی و حلقی آبششی و ویژگی استخوان فوق آبششی و غضروفی آبششی، مهم ترین خصوصیات این مجموعه است (Prokofiev, 2010). تعداد استخوان های قاعده آبششی در گونه *P. alta* سه عدد است که این تعداد در *O. bergianus*، *P. cf. sargadensis* و *T. kosswigi* چهار عدد گزارش شده است (Azimi, 2014). Prokofiev (۲۰۱۰) تعداد استخوان های قاعده آبششی را در جنس های *Hedinichthys* و *Paraschistura Nun Lefua* و گونه های *Seminemacheilus Iskandaria kuschakewitschi botia* و *Nemacheilus Indoreonectes evezardi* و *Oreonectes platycephalus masyae* و *Paracobitis longicauda Yunnanilus* و *pleurotaenia* سه عدد گزارش نمود. همچنین تعداد این استخوان ها در گونه های جنس

تقسیم‌شده‌اند که هر یک قسمت قدامی کپسول استخوانی را شکل می‌دهند. پاراپوفیز مهره چهارم به‌طور مشابه تغییر یافته و قسمت خلفی کپسول شنا را شکل می‌دهند. در گونه *P. alta* کپسول استخوانی متخلخل بوده و در ناحیه جانبی دارای دو حفره قدامی و خلفی می‌باشند که حفره قدامی کوچک‌تر از حفره خلفی است. تعداد مهره‌های (شامل چهار مهره تغییر شکل یافته قدامی) در گونه حاضر ۳۵ عدد است. بسیاری از گونه‌های لوچ‌ماهیان جنوب و جنوب‌غرب آسیا دارای ۲۸ تا ۴۰ (اغلب ۳۲ تا ۳۹ عدد) مهره می‌باشد (Sawada, 1982; Krupp and

بنابر نتایج مطالعه حاضر، گونه *P. alta* براساس صفات استخوان‌شناسی شامل میخی شکل بودن استخوان پیش وومر، داشتن تعداد ۳ عدد استخوان قاعده آبششی، ۱۰ عدد پتریجیفور باله پشتی، ۶ عدد هیپورال، مشبک بودن کیسه شنا و همچنین صاف تا کمی مضرس بودن استخوان Sn3 از سایر گونه‌های این جنس قابل تشخیص است.

## References

- Azimi, H., 2014. Phylogeny of five genera of stone loaches (Balitoridae) in Iran, based on morphological and osteological characteristic. MSc dissertation. Department of Fisheries, University of Guilan, Iran. 77 p.
- Azimi, H., Mousavi-Sabet, H., Eagderi, S., 2015. Osteology of Hyrcanian Crested Loach, *Paracobitis hircanica* (Pisces, Nemacheilidae). *Our Nature* 13(1), 8-18.
- Esmaili, H.R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S., Abbasi, K., 2018. Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa* 3(3), 1-95.
- Gosline, W.A. 1961. Some Osteological Features of modern lower teleostean fishes. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 142(3), 1-42.
- Krupp, F., Schneider, W., 1989. The Fishes of the Jordan River Drainage Basin and Azraq Oasis. *Fauna Saudi Arab* 10, 374-416.
- Krupp, F., Schneider, W., 1991. Two New species of *Nemacheilus* Bleeker 1863 from the Orontes River Drainage Basin of Lebanon, Syria and Turkey. *Senckenbergiana Biologica* 71(1/3), 23-34.
- Mafakheri, B., 2014. Phylogeny of stone loaches, the genus *Oxynemacheilus* (Nemacheilidae) in Iranian inland waters using morphological and osteological characteristics. MSc dissertation. Department of Fisheries, University of Tehran, Iran. 122 p.
- Mafakheri, P., Eagderi, S., Farahmand, H., Mousavi-Sabet, H., 2014. Osteological Structure of Kiabi Loach, *Oxynemacheilus Kiabii* (Actinopterygii: Nemacheilidae). *Iranian Journal of Ichthyology* 1(13), 197-203.
- Mafakheri, P., Eagderi, S., Farahmand, H., Mousavi-Sabet, H., 2015. Descriptive osteology of *Oxynoemacheilus kermanshahensis* (Bănărescu and Nalbant, 1966) (Cypriniformes, Nemacheilidae). *Croatian Journal of Fisheries* 73, 115-123.
- Monod, T., 1968. Le Complex Urophore des Poissons Teleosteens. *Mbn. Inat. Fond. Afr. Noire* (81), 1-705.
- Prokofiev, A.M., 2009. Problem of the classification and phylogeny of Nemacheiline Loaches of the group lacking the preethmoid I (Cypriniformes: Balitoridae: Nemacheilinae). *Journal of Ichthyology* 49(10), 874-898.
- Prokofiev, A.M., 2010. Morphological Classification of Loaches (Nemacheilinae). *Journal of Ichthyology* 10, 827-913.
- Regan, C.T., 1911. The classification of teleostean Fishes of other ostariophysii. I. Cyprinidae. *Annals and Magazine of Natural History* 8, 13-32.
- Rendahl, H., 1933. Studien ber Innerasiatische Fische. *Arkiv Zool.* 25 Ser. A. (11), 1-51.
- Rojo, A. L. 1991. Dictionary of evolutionary fish osteology. CRC Press, Boca Raton, FL. 273 pp. ISBN: 1351366033, 9781351366038. Translated by Keyvani, Y. Noor Press, Qom, Iran. 286 p. (In Persian)
- Sawada, Y., 1982. Phylogeny and zoogeography of the superfamily Cobitoidea (Cyprinoidei, Cypriniformes). *Memoirs of the Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University* 28(2), 65-223.
- 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.