

بررسی تفاوت‌های ریختی جمعیت‌های سگ‌ماهی جویباری سفیدرود (*Oxynemacheilus Bergianus* (Derzhavin, 1934)) حوضه

دریاچه نمک با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی

سهیل ایگدري*، دانشیار گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
امید جعفری، دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
بهزاد سعیدپور، استادیار، دانشگاه محیط زیست، کرج، ایران.
پریا جلیلی، دانشجوی دکتری گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

E-mail*:soheil.eagderi@ut.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۵ - پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۱۷

چکیده

ویژگی‌های ریختی در مطالعات آرایه‌شناسی ماهیان ابزاری کارآمد می‌باشد. جمعیت‌های سگ‌ماهی‌های جویباری سفیدرود (*Oxynemacheilus bergianus*) در رودخانه‌های مختلف حوضه دریاچه نمک تفاوت‌های ریختی بالایی را در شکل بدن نشان می‌دهند ولی این تغییرات توسط روش‌های معمول ریخت‌سنجی سنتی و ویژگی‌های شمارشی قابل بیان نمی‌باشد. از این رو تحقیق حاضر با هدف مقایسه ویژگی‌های ریختی جمعیت‌های این گونه در رودخانه‌های حوضه دریاچه نمک (قمرود، رودخانه کردان و جاجرود) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی به اجرا درآمد. نتایج آنالیز CVA با ارزش P حاصل از آزمون جایگشت تفاوت معنی‌داری را بین الگوی شکل بدن جمعیت‌های مورد بررسی نشان داد. براساس نتایج اعضای جمعیت رودخانه قمرود بواسطه داشتن سر و ساقه دمی درازتر و کم عمق و جایگاه قدامی باله پشتی از دو جمعیت دیگر قابل شناسایی بودند. جمعیت کردان نیز بواسطه باله مخرجی عقبی‌تر و موقعیت قدامی باله سینه‌ای و جمعیت رودخانه جاجرود بواسطه عمق بیشتر سر و بدن از یکدیگر تفکیک شدند.

واژه‌های کلیدی: ریخت‌شناسی، شکل بدن، آرایه‌شناسی، حوضه دریاچه نمک.

۱- مقدمه

مطالعه ویژگی‌های ریختی با هدف طبقه‌بندی ماهیان همواره مورد توجه ماهی‌شناسان بوده است (Randall and Pyle 2008; Simon et al., 2010). ویژگی‌های ریختی اهمیت بالایی در شناسایی، سیستماتیک و شناخت ویژگی‌های زیستی ماهی‌ها دارد (Bohlen, 2008; Vatandoust and Eagderi, 2015; Mafakheri et al., 2014). از جمله مشکلات در شناسایی و حفاظت گونه‌های آب شیرین ایران به‌ویژه سگ‌ماهیان جویباری (Nemacheilidae) نامشخص بودن وضعیت آرایه‌شناختی آنها است. وضعیت آرایه‌شناختی سگ‌ماهیان جویباری Nemacheilidae توسط Coad (2015) بازبینی شده است؛ ولی در این بازبینی سوالات زیادی را نیاز به

مطالعه ویژگی‌های ریختی با هدف طبقه‌بندی ماهیان همواره مورد توجه ماهی‌شناسان بوده است (Randall and Pyle 2008; Simon et al., 2010). ویژگی‌های ریختی اهمیت بالایی در شناسایی، سیستماتیک و شناخت ویژگی‌های زیستی ماهی‌ها دارد (Bohlen, 2008; Vatandoust and Eagderi, 2015; Mafakheri et al., 2014). از جمله مشکلات در شناسایی و حفاظت گونه‌های آب شیرین ایران به‌ویژه سگ‌ماهیان جویباری (Nemacheilidae) نامشخص بودن وضعیت آرایه‌شناختی آنها است. وضعیت آرایه‌شناختی سگ‌ماهیان جویباری Nemacheilidae توسط Coad (2015) بازبینی شده است؛ ولی در این بازبینی سوالات زیادی را نیاز به

تیره رنگ و متقاطع اند وجود دارد. بخش پشتی و بالایی پهلوها دارای رنگ متمایل به نارنجی است، قسمت پائینی پهلوها به رنگ زرد کم رنگ یا سفید دیده می شود (Coad, 2015). تغییرات در جمعیت ها به دلایل مختلف اکولوژیکی، هیدرولوژیکی، زیستی و محیطی امری معمول است (Swain and Foote, 1999; Nicieza, 1995). به منظور شناخت ساختار ذخایر یک گونه و تعیین جایگاه آرایه شناختی، مشخص کردن این تفاوت ها ضرورت داشته و می تواند به شناخت روند تکاملی آن ها در زیستگاه های مختلف کمک نماید. به دنبال تلاش ناموفق به منظور کمی کردن تفاوت های ریختی مشاهده شده در بین جمعیت های مختلف گونه سگ ماهی جویباری سفیدرود *O. bergianus* در حوضه دریاچه نمک، که Coad (2014) احتمال تفاوت گونه ای آنها را بیان نموده بود، مطالعه حاضر با هدف آشکار کردن تفاوت های ریختی جمعیت های این گونه در حوضه دریاچه نمک با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی و معرفی ویژگی های ریختی جمعیت های این گونه در حوضه دریاچه نمک به اجرا درآمد.

۲- روش ها

تعداد ۶۸ نمونه سگ ماهی جویباری سفیدرود، *O. bergianus* از رودخانه های قمرود (N: 34°39', E: 49°58') (۲۶ قطعه)، کردان (N: 35°56', E: 50°49') (۲۰ قطعه) و جاجرود (N: 35°39', E: 51°44') (۲۲ قطعه) از حوضه دریاچه نمک با استفاده از الکتروشوکر صید و پس از بیهوشی در محلول گل میخک، در فرمالین بافری تثبیت شدند. سپس از سطح نیم رخ چپ آن ها تصاویر دو بعدی تهیه و تعداد ۱۵ نقطه لندمارک بر روی هر کدام از آنها تعریف و رقومی گردید (شکل ۱). به منظور حذف اثرات غیرشکل (شامل اندازه، موقعیت و

پاسخ دادن اعلام نموده است. اعضای این خانواده با شش جنس شامل: *Sasanidus*، *Oxynoemacheilus*، *Turcinemacheilus*، *Paraschistura*، *Paracobitis*، *Triplophysa* دارای تنوع بالایی می باشند (Jouladeh-Roudbar et al., 2009; Mousavi-Sabet et al., 2015; Freyhof et al., 2016).

در این بین جنس *Oxynemacheilus* با ۱۰ گونه دارای بیشترین تعداد گونه می باشد که البته هنوز وجود برخی از گونه های آن در آب های ایران تایید نشده است (Coad, 2015; Jouladeh-Roudbar et al., 2015; Freyhof et al., 2016). از بین اعضای جنس *Oxynemacheilus*، سگ ماهی جویباری سفیدرود *Oxynoemacheilus bergianus* برای اولین بار از رودخانه سفیدرود (حوضه دریای خزر) توصیف شد ولی به تدریج حضور آن در دیگر حوضه های آبی داخلی ایران شامل حوضه های نمک و دریاچه ارومیه نیز گزارش گردید که بیانگر پراکنش نسبتاً بالای آن می باشد (Coad, 2015). این جمعیت ها تفاوت های ظاهری زیادی را در شکل الگوی بدنشان نشان می دهند ولی این تغییرات توسط روش های معمول ریخت سنجی سنتی و ویژگی های شمارشی قابل بیان نمی باشد.

ویژگی های ریختی سگ ماهی جویباری سفیدرود عبارت است از باله پشتی با ۳ شعاع سخت و ۸ شعاع نرم، باله مخرجی با ۳ شعاع سخت و ۵ شعاع نرم، باله سینه ای با ۹ شعاع نرم و باله لگنی با ۶-۷ شعاع نرم. در این گونه باله های لگنی به اندازه ضخامت قاعده باله از یکدیگر فاصله دارند. باله دمی آن حالت دوشاخه دارد و لب پایین آن دارای بریدگی است. پهلوها دارای فلس های کوچکی هستند. خط جانبی تقریباً کامل در پهلوها نمایان است و مسیر خط جانبی تا انتها بدن دارای فرو رفتگی خفیفی است، باله دمی به طور مشخصی دو شاخه است. پهلوهای این گونه دارای چندین خال خاکستری تیره نامنظم می باشد، در بخش پشتی لکه هایی به شکل مربع که

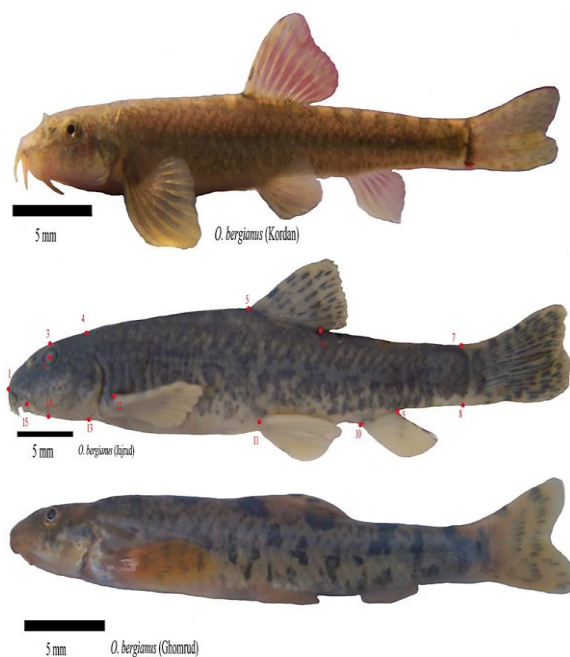
شکمی، ۱۲- ابتدایی‌ترین نقطه قاعده باله سینه‌ای، ۱۳- نقطه پایین شکاف سرپوش آبششی، ۱۴- نقطه لبه پایینی سر در امتداد مرکز چشم و ۱۵- ابتدایی‌ترین نقطه شروع جفت سیبک زیرین.

۳- نتایج

نتایج نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه سگ‌ماهی جویباری سفیدرود حوضه دریاچه نمک دارای الگوهای شکل بدن متفاوتی می‌باشند. آنالیز CVA براساس ارزش P حاصل از آزمون جایگشت تفاوت معنی‌داری را بین شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه نشان داد ($P < 0.0002$). آنالیز خوشه‌ای نیز سه جمعیت مورد بررسی را از نظر شکل بدن به دو خوشه شامل خوشه جمعیت قمرود و خوشه جمعیت‌های کردان و جاجرود تفکیک نمود (شکل ۲).

همچنین نتایج مصورسازی الگوی شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه نسبت به شکل اجماع در شبکه تغییر شکل نشان داد که تفاوت‌های شکل بدن به‌طور عمده مربوط به طول سر و پوزه، جایگاه باله پشتی، عمق ساقه دم و تنه، طول ساقه دم و موقعیت باله سینه‌ای می‌باشد. جمعیت سگ‌ماهی جویباری سفیدرود رودخانه کردان دارای سر و ساقه‌دمی کوتاه‌تر (مربوط به جابجایی قدامی لندمارک‌های ۷ و ۸)، پوزه درازتر (مربوط به جابجایی قدامی لندمارک ۱)، موقعیت قدامی باله سینه‌ای و باله مخرجی خلفی‌تر (مربوط به جابجایی خلفی لندمارک‌های ۹ و ۱۰) بودند. جمعیت سگ‌ماهی جویباری سفیدرود رودخانه جاجرود براساس الگوهای جابجایی لندمارک‌ها دارای عمق سر بیشتر، بدن پهن‌تر در ناحیه قدامی تنه (مربوط به جابجایی تحتانی لندمارک‌های ۱۲، ۴ و ۱۳) و ساقه دمی کوتاه‌تر (مربوط به جابجایی قدامی لندمارک‌های ۷، ۸، ۹ و ۱۰) بودند. جمعیت سگ‌ماهی جویباری سفیدرود رودخانه قمرود نیز دارای ساقه دمی دراز و کم عمق (مربوط به جابجایی خلفی لندمارک‌های

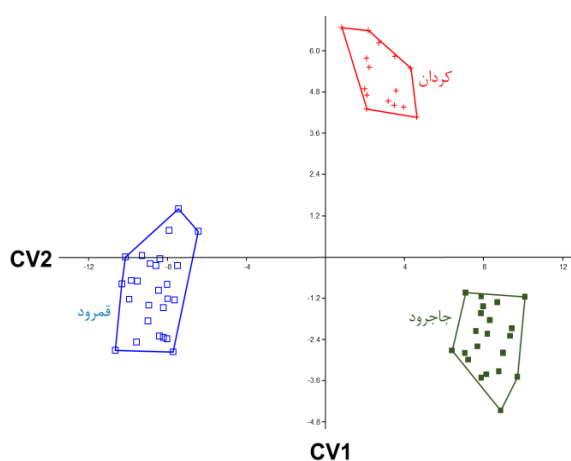
جهت) از آنالیز پروکراسست در نرم‌افزار PAST Ver. 2.17c استفاده گردید (Rohlf, 2001) و سپس داده‌های حاصل از شکل بدن توسط آنالیزهای چند متغیره تجزیه همبستگی کانونی (CVA) با ارزش P حاصل از آزمون جایگشت (Permutation) با هزار تکرار و آنالیز خوشه‌ای بر اساس الگوریتم Paired group و درجه شباهت Eucilidean در نرم‌افزارهای PAST تحلیل شدند. مصورسازی تغییرات شکل بدن براساس میانگین شکل (Consensus configuration) سه جمعیت با استفاده از نمودار Wireframe در نرم‌افزار MorphoJ صورت پذیرفت (Klingenberg, 1998).



شکل ۱. تصاویر نمونه جمعیت‌های مورد بررسی سگ‌ماهی جویباری سفیدرود *Oxynoemacheilus bergianus* حوضه دریاچه نمک و لندمارک‌های تعیین شده بر روی آنها: ۱- ابتدایی‌ترین نقطه پوزه، ۲- مرکز چشم، ۳- نقطه لبه بالایی سر در امتداد مرکز چشم، ۴- نقطه انتهایی بخش سر، ۵- ابتدای قاعده باله پشتی، ۶- انتهای قاعده باله پشتی، ۷- قسمت بالای ساقه دمی در بخش بیشترین تورفتگی ساقه دمی، ۸- پایین ساقه دمی در قسمت بیشترین تورفتگی ساقه دمی، ۹- انتهای قاعده باله مخرجی، ۱۰- ابتدای قاعده باله مخرجی، ۱۱- ابتدایی‌ترین نقطه قاعده باله

شکل بدن آنها می‌تواند باشد (Eagderi et al., 2013).

از آنجاکه هدف این تحقیق مقایسه شکل بدن جمعیت‌های مختلف سگ‌ماهی جویباری سفیدرود در حوضه دریاچه نمک بود، نتایج توانست تفاوت‌های ریختی آن‌ها را به‌وضوح آشکار نماید. بر این اساس جمعیت‌های رودخانه کردان و جاجرود به‌واسطه سر و ساقه دمی کوتاه‌تر از جمعیت رودخانه قمرود قابل تفکیک بودند و در این بین جمعیت کردان به‌واسطه باله مخرجی عقبی‌تر و موقعیت قدامی باله سینه‌ای و جمعیت رودخانه جاجرود به‌واسطه عمق بیشتر سر و بدن از یکدیگر قابل شناسایی بودند. به‌علاوه جمعیت رودخانه قمرود نسبت دو جمعیت دیگر الگوی شکلی کاملاً متفاوتی را نشان داد و اعضای این جمعیت دارای سر و ساقه دمی درازتر و کم عمق نسبت به دو جمعیت دیگر و موقعیت قدامی باله پشتی بودند.



شکل ۲. نمودار آنالیز CVA شکل بدن جمعیت‌های مورد بررسی سگ‌ماهی جویباری سفیدرود *Oxynoemacheilus bergianus* حوضه دریاچه نمک

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

نتایج این تحقیق بیانگر الگوی شکلی کاملاً متفاوت ماهیان قمرود نسبت به دو جمعیت دیگر می‌باشد و نیاز

۸، ۷، ۹ و ۱۰)، جایگاه قدامی باله پشتی (مربوط به جابجایی خلفی لندمارک‌های ۵ و ۶)، پوزه کوتاه با موقعیت تحتانی (مربوط به جابجایی قدامی لندمارک ۱)، موقعیت خلفی باله سینه‌ای (مربوط به جابجایی قدامی لندمارک ۱۳) و سر دراز و کم عمق‌تر (مربوط به جابجایی لندمارک‌های ۱، ۴ و ۱۲) بودند (شکل ۳).

۴- بحث

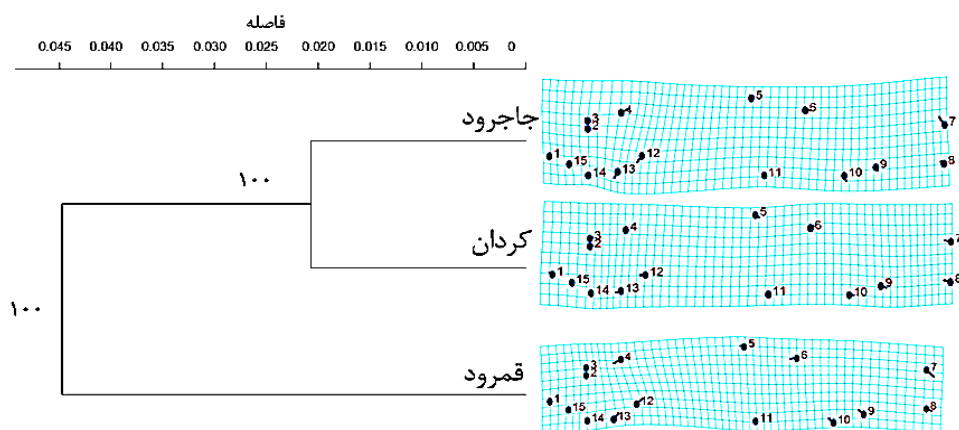
نتایج نمایان‌گر قابلیت روش ریخت‌سنجی هندسی در جداسازی جمعیت‌های سگ‌ماهی جویباری سفیدرود *O.bergianus* حوضه دریاچه نمک براساس ویژگی‌های شکل بدن بود. تکنیک ریخت‌سنجی هندسی بر مبنای داده‌های حاصل از مختصات نقاط لندمارک و قابلیت مصورسازی قادر است کوچکترین تغییرات در الگوهای ریختی را به خوبی آشکار سازد. با توجه به اینکه در این روش اثر اندازه به‌طور کامل حذف می‌شود، بنابراین تغییرات مشاهده شده، تنها نشان‌دهنده تفاوت‌های الگوی شکل بدن آن‌ها می‌باشد. در مطالعات دیگر از جمله در بررسی تغییرات شکل بدن ماهی خیاطه (*Alburnoides eichwaldii*) در حوضه دریای خزر با استفاده روش ریخت‌سنجی هندسی این روش توانایی خود را در تفکیک ریختی جمعیت‌ها نشان داد (Eagderi et al., 2013). در مطالعه‌ای دیگر این روش توانست دو گونه جنوبی دریای خزر را براساس الگوی شکل بدن از یکدیگر متمایز سازد (Mousavi-Sabet and Anvarifar, 2013).

براساس نتایج، جمعیت‌های مورد مطالعه سگ‌ماهی جویباری سفیدرود حوضه دریاچه نمک الگوی شکلی متفاوتی را نشان دادند که بیان‌گر جدایی ریختی وابسته به زیستگاه، تغییرپذیری ریختی و تکامل درحال پیشرفت

بررسی تفاوت‌های ریختی جمعیت‌های سگ‌ماهی جویباری سفیدرود حوضه دریاچه نمک ...

داخلی ایران شامل حوضه دریای خزر و دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد.

به بازبینی دقیق‌تر وضعیت آرایه شناختی آنها براساس داده‌های استخوان‌شناسی و مولکولی و مقایسه آن با سایر جمعیت‌های این گونه در دیگر حوضه‌های آب‌های



شکل ۳. نمودار آنالیز خوشه‌ای و شبکه تغییر شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه سگ‌ماهی جویباری سفیدرود حوضه دریاچه نمک (*Oxyneomacheilus bergianus* نمک) بردارها در شبکه تغییر شکل بیانگر جهت تغییر شکل بدن در هر جمعیت نسبت به شکل اجماع (نقاط) می‌باشد.

۶- منابع

- Jouladeh-Roudbar, A., Vatandoust, S., Eagderi, S., Jafari-Kenari, S. and Mousavi-Sabet H. (2015) "Freshwater fishes of Iran; an updated checklist", *AACL Bioflux*, Vol. 8, No. 6, pp.855-909.
- Klingenberg, C.P. (1998) "Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny", *Biological Reviews*, Vol. 73, No. 1, pp. 79-123.
- Mafakheri, P., Eagderi, S., Farahmand, H. and Mousavi-Sabet H. (2015) "Descriptive osteology of *Oxyneomacheilus kermanshahensis* (Bănărescu and Nalbant, 1966) (Cypriniformes, Nemacheilidae)", *Croatian Journal of Fisheries*, Vol. 73, pp.115-123.
- Mousavi-Sabet, H. and Anvarfar, H. (2013) "Landmark-based morphometric variation between *Cobitis keyvani* and *Cobitis faridpaki* (Pisces: Cobitidae), with new habitat for *C. faridpaki* in the southern Caspian Sea basin." *Folia Zoologica*, Vol. 62, No. 3, pp. 167-175.
- Mousavi-Sabet, H., Sayyadzadeh, G., Esmaeili, H.R., Eagderi, S., Patimar, P. and Freyhof J. (2015) "Paracobitis hircanica, a new crested loach from the southern the Caspian Sea basin (Teleostei: Cobitidae)", *Folia Zoologica*, Vol. 62, No. 3, pp. 167-175.
- Adams, D.C., Rohlf, F.J. and Slice, D.E. (2004) "Geometric Morphometrics: Ten years of progress following the 'Revolution'", *Italian Journal of Zoology*, Vol. 71, pp. 5-16.
- Bohlen, J. (2008) "First report on the spawning behavior of a golden spined loach, *Sabanejewia vallahica* (Teleostei: Cobitidae)", *Folia Zoologica*, Vol. 57, pp. 139-146.
- Coad, B.W. (2015) "Freshwater fishes of Iran", Available at: <http://www.briancoad.com> Accessed: May, 2014.
- Eagderi, S., Esmaeilzadegan, E. and Maddah, A. (2013) "Body shape variation in riffle minnows (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863) populations of Caspian Sea basin", *Taxonomy and Biosystematics*, Vol. 5, No. 14, pp. 1-8 (in Persian).
- Freyhof, J., Geiger, M.F., Goltzarianpour, K. and Patimar, R. (2016) "Sasanidus, a new generic name for *Noemacheilus kermanshahensis* Bănărescu & Nalbant, with discussion of *Iamnemacheilus* and *Schistura* (Teleostei; Nemacheilidae)", *Zootaxa*, Vol. 4107, No. 1, pp. 65-80.

- Rohlf, F.J. (2001) "Comparative methods for the analysis of continuous variables: geometric interpretations", *Evolution*, Vol. 55, No. 11, pp. 2143-2160.
- Simon K.D., Bakar Y., Temple S.E. and Mazlan A.G. (2010) "Morphometric and meristic variation in two congeneric archer fishes *Toxotes chatareus* (Hamilton, 1822) and *Toxotes jaculatrix* (Pallas, 1767) inhabiting Malaysian coastal waters", *Journal of Zhejiang University Science B*, Vol. 11, pp. 871-879.
- Swain, D.P. and Foote, C.J. (1999) "Stocks and Chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification", *Fisheries Research*, Vol. 43, pp. 113-128.
- Vatandoust, S. and Eagderi S. (2015) "Paraschistura ilamensis, a new species of loach from the Tigris River drainage (Teleostei: Nemacheilidae)", *International Journal of Aquatic Biology*, Vol. 3, No. 3, pp.177-182.
- Nemacheilidae", *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, Vol, 25, pp. 339-346.
- Nalbant, T.T. and Bianco, P.G. (1998) "The loaches of Iran and adjacent regions with description of six new species (Cobitoidea)", *Italian Journal of Zoology*, Vol. 65, pp. 109-123.
- Nicieza, A.G. (1995) "Morphological variation between geographically disjunct populations of Atlantic salmon: the effects of ontogeny and habitat shift", *Functional Ecology*, Vol. 9, pp. 448-456.
- Prokofiev, A.M. (2009) "Problems of the classification and phylogeny of nemacheiline loaches of the group lacking the Preethmoid I (Cypriniformes: Balitoridae: Nemacheilinae)", *Journal of Ichthyology*, Vol. 49, pp. 874-898.
- Randall, J.E. and Pyle, R.L. (2008) "Synodus orientalis, a new lizardfish (Aulopiformes: Synodontidae) from Taiwan and Japan, with correction of the Asian records of *S. lobelia*", *Zoological Study*, Vol. 47, pp. 657-662.