

بررسی تنوع ریختی جمیعت‌های گونه سرماری (*Channa gachua*) با استفاده از روش ریخت‌سنجدی هندسی

سهیل ایگدری^{۱*}, آرش جولاده^۲

۱- پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج دانشکده منابع طبیعی، کرج، ایران

۲- دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده شیلات و علوم دامی، ساری، ایران

*soheil.eagderi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۴

چکیده

مطالعه تفاوت درون گونه‌ای در ماهیان به‌واسطه عوامل محیطی و ژنتیکی اهمیت بالایی در شناخت روند تکاملی آن‌ها دارد. ماهیان در مسیر تکاملی به‌واسطه کسب ویژگی‌های ریختی از یکدیگر تمایز می‌یابند که مطالعات ریخت‌سنجدی برای درک چنین روندی در آنها از بیشینه طولانی در علم ماهی‌شناسی برخوردار است. از این‌رو مطالعه حاضر با هدف بررسی الگوی تفاوت‌های ریختی دو جمیعت ماهی سرماری (*Channa gachua*) از حوضه‌های جازموریان و مکران با استفاده از ریخت‌سنجدی هندسی لندمارک-پایه انجام شد. برای این منظور تعداد ۵۸ قطعه ماهی سرماری از رودخانه هلیل رود حوضه جازموریان و رودخانه سرباز از حوضه مکران نمونه‌برداری گردید. پس از عکس‌برداری از نیم‌رخ چپ ماهیان، تعداد ۱۶ نقطه لندمارک بر روی تصاویر دو بعدی تعریف و با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 رقومی سازی شدند. داده‌های حاصل پس از آنالیز پروکراست، با استفاده از تحلیل چندمتغیره DFA با ارزش P حاصل از آزمون جایگشت با ده هزار تکرار مورد تحلیل قرار گرفتند. از نظر ریختی، تفاوت معنی‌داری بین دو جمیعت موردن مطالعه مشاهده شد. این تفاوت‌ها مربوط به عمق بدن و سر و جایگاه‌های چشم، پوزه و قاعده باله سینه‌ای ساقه دمی بودند. تفاوت‌های ریختی مشاهده شده بین این دو جمیعت می‌تواند حاصل پاسخ‌های انعطاف‌پذیری ریختی آنها به ویژگی‌های زیستگاهی و یا مسیر تکاملی مجزا در آنها به‌واسطه فاصله جغرافیایی باشد.

کلمات کلیدی: ریخت‌شناسی، تکامل، سرماری، ریخت‌سنجدی.

مقدمه

تاکنون ۲۵۷ گونه از ماهیان آب‌های داخلی ایران گزارش شده است (Jouladeh-Roudbar *et al.*, 2015). گونه سرماری (*Channa gachua*) متعلق به خانواده ماهیان سرماری (Channidae) می‌باشد که در حوضه‌های آبریز جازموریان و مکران ایران پراکنش دارد (Jouladeh-Roudbar *et al.*, 2015). این گونه به دلیل دارا بودن اندازه‌ای کوچک، فاقد ارزش صید ورزشی و با اقتصادی می‌باشد اما با توجه به آن که در کشور ایران زیستگاه محدودی در حوضه‌های جازموریان و مکران دارد، دارای ارزش حفاظتی می‌باشد (Jouladeh-Roudbar *et al.*, 2015). همچنین با توجه به مقاومت بالای این ماهی به شرایط نامساعد محیطی و ویژگی‌های زیباشناختی، می‌تواند به عنوان یک گونه بومی در صنعت ماهیان زینتی کشور مدنظر قرار گیرد. این گونه در رودخانه‌ی بمپور و ماشکیل در جنوب شرقی ایران، افغانستان، شرق و غرب پاکستان، هند، سریلانکا، بنگلادش، میانمار، تایلند، لائوس، کامبوج، مالزی، اندونزی، جاوا و شرق چین پراکنش دارد (Coad, 2015).

این ماهیان به علت دارا بودن توانایی تنفس از هوا، ماهیان سرسختی در زندگی شناخته می‌شوند (Hamilton Buchanan, 1822). این نوع تنفس با توجه به دمای زیستگاه، به آنان کمک می‌کند تا در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری بدون هیچ گونه مشکلی زندگی نمایند (Coad, 2015). این گونه عام‌گرا در زیستگاه‌های متنوعی زیست می‌کند، اگرچه از آب‌های با شدت جریان بالا اجتناب می‌کند (Hamilton Buchanan, 1822). یاد شده مورد علاقه آکواریومداران در سرتاسر دنیا می‌باشد و آکواریوم‌های با روشنایی اندک و حاوی پناهگاه‌های زیاد برای مخفی شدن (از جمله آکواریوم‌های با پوشش گیاهی بالا و شاخه‌های شناور) را ترجیح می‌دهد.

اغلب تفاوت‌های ویژگی‌های ریختی درون جمعیت‌های ماهیان وجود دارد (Hora, 1935). عوامل بسیاری در ایجاد این ویژگی‌ها دخیل هستند که در این بین عوامل محیطی به عنوان نیرویی Costa (and Cataudella, 2007) در گذشته تصور می‌شد که تغییرات ریختی صرفاً ژنتیکی می‌باشد، اما امروزه مشخص شده است که منشاء این تغییرات هم محیطی و هم ژنتیکی است و حتی در پاره‌ای از موارد اختلافات ریخت‌شناسی تنها ناشی از محیط است (Swain, 1999 and Foote, 1999). ماهیان یک گونه به واسطه‌ی جداسازی زیستگاه، جمعیت‌های متفاوتی را تشکیل می‌دهند؛ در واقع، به واسطه‌ی ویژگی‌های آن محیط، طی فرآیند سازگاری، دچار تغییرات ریختی متفاوتی شده و از سایر جمعیت‌های آن گونه متمایز می‌شوند (Wootton, 1991). جمعیت‌های جداسده‌ی یک گونه در

هر زیستگاه، سازگاری‌های منطقه‌ای را به واسطه‌ی استفاده از منابع آن زیستگاه به نمایش می‌گذارند که سبب افزایش شناس بقاء و افزایش شایستگی زیستی می‌شود. این سازگاری‌ها از جمله تنوع ریختی، رفتاری، استراتژی تغذیه و چرخه‌های زندگی می‌تواند به دلیل اثرات فاکتورهای بیرونی (فیزیکی و زیستی) و فاکتورهای درونی (ژنتیکی) باشد (Meyer, 1987). از جمله عوامل فیزیکی می‌توان به نوع بستر، رژیم جریان آب، عمق آب، پوشش گیاهی حوضه و اثرات دستکاری‌های انسانی مانند سدسازی اشاره کرد و رقابت، شکار، میزان دسترسی به منابع غذایی نیز از جمله عوامل زیستی موثر هستند (Fontanier and Tobler, 2009). اثرات متقابل این عوامل سبب یک سری سازگاری‌ها و افزایش یافتن کارایی یک ریخت در یک محیط می‌شود اما باید توجه شود که ویژگی‌یک ریخت در برتر در یک زیستگاه ممکن است در محیط دیگر باعث کاهش قابلیت استفاده از منابع دیگر شود، یعنی هر موجود فقط در یک محیط شایستگی بقا، دارد (Fontanier and Tobler, 2009).

با توجه به ارتباط نزدیک ویژگی‌های ریختی با عوامل محیطی، مطالعات ریختی ابزاری مفید برای پیش‌بینی تعامل گونه با محیط می‌باشد. بنابراین مطالعه‌ی ویژگی‌های ریخت‌شناسی با هدف تعریف و شناسایی واحدهای جمعیتی، از پیشینه‌ای طولانی در دانش زیست‌شناسی ماهی برخوردار است (Tudela, 1999). ریخت‌سنگی سنتی بر پایه‌ی مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌های فواصل استوار است و از لحاظ توصیف تفاوت‌های شکل بدن دارای ضعف‌ها و معایبی است (Zelditch *et al.*, 2004; Adams *et al.*, 2004). در مقابل روش ریخت‌سنگی هندسی بر پایه‌ی نقاط لندهارک برای تجزیه و تحلیل شکل نمونه‌ها استفاده می‌شود (Adams *et al.*, 2004). داده‌های حاصل از این روش برای استخراج شکل و با هدف حذف داده‌ی غیر شکل مورد استفاده قرار می‌گیرد (Bookstein, 1991) و علاوه بر قابلیت آنالیز آماری می‌توانند مصور سازی نیز گردد (Zelditch *et al.*, 2004).

این تحقیق در سال ۱۳۹۴ با هدف بررسی تفاوت ریختی دو جمعیت ماهی سرماری (*C. gachua*) در دو حوضه‌ی آبریز مکران و جازموریان با استفاده از روش ریخت‌سنگی هندسی بر پایه‌ی نقاط لندهارک به اجرا در آمد تا این فرصیه را بررسی نماید که آیا این دو جمعیت ماهی طی مسیر تکامل خود به علت تفاوت‌های زیستگاهی و فاکتورهای محیطی از لحاظ ریختی از هم جدا شده‌اند یا خیر؟ مقایسه ریختی دو جمعیت می‌تواند اطلاعات مفیدی را درباره روند تکامل در حال پیشرفت آن‌ها ارائه دهد.

غیرشکل، شامل اندازه، جهت و موقعیت، روی هم‌گذاری جایگاه لندهمارک‌ها با استفاده از آنالیز پروکراست (GPA) انجام شد (Klingenberg, 1998). داده‌های پس از آنالیز پروکراست، توسط آزمون آماری چندمتغیره آنالیز تابع تشخیص (DFA) و ارزش P حاصل از permutation test (آزمون جایگشت) با ده هزار تکرار مورد تحلیل قرار گرفتند و همچنین فاصله مahaالانوبیس (Mahalanobis) بین دو گروه نیز در آنالیز DFA استخراج گردید. تفاوت شکل بدن دو جمعیت مورد مطالعه، در شبکه تغییر شکل مقایسه شدند.

مواد و روش‌ها

برای این تحقیق، تعداد ۲۴ نمونه ماهی سرماری از رودخانه هلیل رود حوضه‌ی جازموریان و ۳۴ قطعه رودخانه سرباز حوضه‌ی مکران (جمعاً ۵۸ قطعه) توسط الکتروشوکر صید و پس از بیهوشی در محلول گل میخک، در فرمالین بافری ۱۰ درصد ثبیت شدند. سپس برای مطالعات بعدی به آزمایشگاه منتقل گردیدند. برای استخراج داده‌های شکل بدن در روشن ریخت‌سنجدی هندسی از سمت چپ سطح جانبی ماهی‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال Kodak با قدرت تفکیک ۶ مگاپیکسل عکس‌برداری، تعداد ۱۶ تصاویر دو بعدی رقومی گردید (شکل ۱). به منظور حذف تغییرات

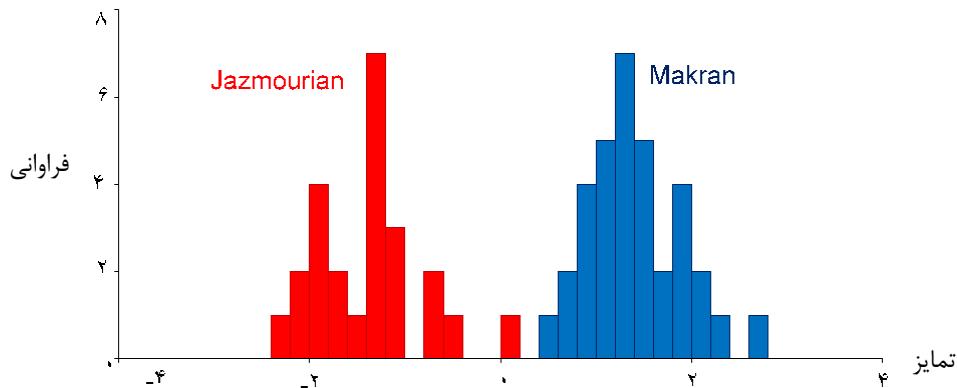


شکل ۱: نقاط لندهمارک تعریف شده برای استخراج شکل بدن ماهی سرماری (*C. gachua*) در روش ریخت سنجی هندسی.
۱- جلویی ترین بخش پوزه در فک بالایی (نوک پوزه)، ۲- مرکز چشم، ۳- امتداد خط عمود بر مرکز چشم در بالای سر، ۴- ابتدای قاعده‌ی بالای پشتی، ۵- انتهای قاعده‌ی بالای پشتی، ۶- انتهای بالای ساقه‌ی دمی، ۷- انتهای پایینی ساقه‌ی دمی، ۹- انتهای قاعده‌ی بالای مخرجی، ۱۰- ابتدای قاعده‌ی بالای مخرجی، ۱۱- ابتدای قاعده‌ی بالای سینه‌ای، ۱۲- انتهایی ترین قسمت سرپوش آبششی در جلوی بدن، ۱۳- ابتدایی ترین قسمت سرپوش آبششی، ۱۴- امتداد خط عمود بر ابتدایی- ترین قسمت سرپوش آبششی در بالای سر، ۱۵- نقطه انتهایی شکاف دهانی در فک بالایی و ۱۶- امتداد خط عمود بر مرکز چشم در پایین بدن.

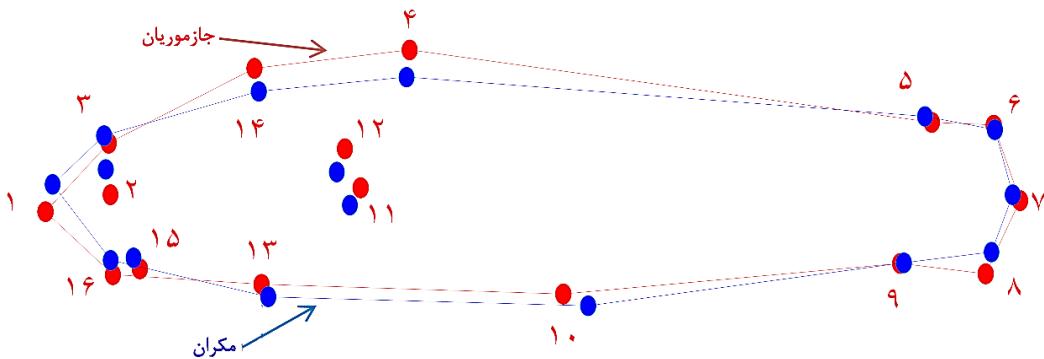
بوده (مربوط به جایگایی لندهمارک‌های ۴ و ۱۴) و موقعیت پوزه و چشم در آن‌ها پایین‌تر (مربوط به جایگایی لندهمارک‌های ۱ و ۲) است. همچنین موقعیت انتهای سرپوش آبششی و قاعده‌ی بالای سینه‌ای در ماهیان رودخانه هلیل رود موقعیت خلفی دارد (مربوط به جایگایی لندهمارک‌های ۱۱ و ۱۲) (شکل ۳). به علاوه فاصله مahaالانوبیس دو جمعیت از لحاظ شکل بدن ۳۵/۳۶ به دست آمد.

نتایج

نتایج آنالیز DFA نشان داد که بین شکل بدن دو جمعیت مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P < 0.0001$) (شکل ۲). همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، جمعیت‌های رودخانه‌های سرباز و هلیل رود به طور کامل متمایز شده‌اند. براساس نتایج، شکل بدن جمعیت ماهیان حوضه‌ی جازموریان نسبت به مکران پهن‌تر



شکل ۲: نمودار آنالیز تابع تشخیص (DFA) شکل بدن ماهی سرماری در دو جمعیت حوضه‌های مکران و جازموریان



شکل ۳: نمودار قاب پیرامونی برای مقایسه میانگین شکل بدن دو جمعیت ماهی سرماری در دو جمعیت حوضه‌های مکران و جازموریان

ریخت‌شناسی به سرعت به وجود می‌آیند در مطالعه فوق نیز به نظر می‌رسد شرایط محیطی متفاوت حاکم بر حوضه آبریز مکران و جازموریان باعث شده تا ماهی سرماری فنوتیپ دارای تفاوت معنی‌داری باشد (Poulet et al., 2004).

افزایش فاصله‌ی جغرافیایی بین جمعیت‌ها اغلب منجر به کاهش جریان زن بین جمعیت‌ها می‌گردد (Mayr and Ashlock, 1991; Menken and Rajjmann, 1996) و به عبارت دیگر اختلاف ژنتیکی و در نتیجه ریختی بین جمعیت‌ها با افزایش موانع جغرافیایی و یا ایزوله شدن افزایش می‌یابد. به دلیل جدا شدن حوضه‌های آبریز مکران و جازموریان به دلیل وقایع زمین‌شناسی جریان زنی بین این دو گونه قطع گردیده و به مرور زمان این انفصال باعث تغییراتی در فنوتیپ شده است علاوه بر این سایر موانع نیز مانند کوه‌ها، کویرها و دریاچه‌ها می‌توانند در فراهم آوردن شرایط مناسب برای جلوگیری از حرکت افراد تولید مثل کننده و جریان زن مؤثر باشند، به عنوان موانع جغرافیایی محسوب می‌شوند. همچنین شرایط بوم‌شناختی، جلوه‌های فیزیکی جغرافیایی و زیستگاه نیز به

بحث

ریخت همواره در تعامل با فاکتورهای محیطی و زیستی می‌باشد که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر روی شکل بدن موجودات اثر گذاشته و با انتخاب صفات مطلوب در یک محیط شناس بقاء و تولید مثل آنها را بیشتر می‌کند که این پدیده سبب ایجاد جمعیتی جدید یا گاهی سبب گونه‌زایی می‌شود (Spoljaric and Reimchen, 2007). نتایج این مطالعه با استفاده از روش ریخت‌سنجدی هندسی نشان داد که شکل بدن دو جمعیت ماهی سرماری متفاوت بوده و از نظر ویژگی‌های ریختی از یکدیگر قابل تفکیک هستند. تفاوت‌های مشاهده شده مربوط به ارتفاع بدن، ارتفاع سر، جایگاه پوزه و چشم و قاعده باله سینه‌ای بودند که به عنوان مهم‌ترین صفات متمایز کننده این جمعیت‌ها می‌باشند. تفاوت‌های ریختی بین دو جمعیت مورد بررسی می‌تواند به واسطه تفاوت در فاکتورهای اکولوژیکی رودخانه‌های محل زیست آنها و یا به واسطه مسیر تکاملی متفاوت دو جمعیت باشد. فنوتیپ تحت کنترل دو عامل ژنتیکی و شرایط محیطی است اما با وجود شرایط محیطی متفاوت تغییرات

- Klingenberg, C.P., 1998.** Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. *Biological Reviews*, 73: 79-123.
- Langerhans, R.B., Layman, G.A., Langerhans, A.K. and Dewitt, T.J., 2003.** Habitat association morphological divergence in two Neotropical fish species. *Biological Journal of the Linnean Society*, 8: 689-698.
- Mayr, E. and Ashlock, P.D., 1991.** Principles of systematic zoology McGraw-Hill, 475 pp.
- Menken, J. and Raijmann, L., 1996.** Biochemical Systematics: principles and perspectives for pest management, *The Ecology of Agricultural Pests*, Edited by W.O.C. Symondson and J. E. Liddell. (eds.), Published by Chapman & Hall, London.
- Meyer, A., 1987.** Phenotypic plasticity and heterochrony in *Cichlasoma managuense* (Pisces, Cichlidae) and their implications for speciation in cichlid fishes. *Evolution*, 41(6): 1357-69.
- Poulet, N., Berrebi, P., Crivelli, A.J., Lek S. and Argillier, C., 2004.** Genetic and morphometric variation in the pikeperch (*Sander lucioperca*) of a fragmented delta. *Archives for Hydrobiology*, 159(4): 531-554.
- Ruggiero, L.F., Aubry, K.B., Steven, W., Koehler, Gary, M., Charles J., McKelvey, K. and Squires, R., 2004.** Ecology and conservation of lynx in the United States. General Technical Report RMRS-GTR-30. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 110-229
- Spoljaric, M. and Reimchen, T.E., 2007.** 10000 years later: evolution of body shape in Haida Gwaii three spine stickleback. *Journal of Fish Biology*, 70: 1484-1503.
- Swain, D.P. and Foote, C.J., 1999.** Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification. *Fisheries Research*, 43: 113-128.
- Tudela, S., 1999.** Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*. *Fisheries Research*, 42: 229-243.
- Zelditch, M.L., Swiderski, D.L., Sheets, H.D. and Fink W.L. 2004.** Geometric morphometric for biologists: a primer. Elsevier Academic Press: London. 443 pp.

عنوان سدهای مطلق و یا روانی برای حرکت یا پراکندگی ذکر شده‌اند (Ruggiero et al., 2004). البته ذکر عوامل جدایی جمعیت‌ها به صورت دقیق تقریباً غیر ممکن است اما با توجه به نتایج به دست آمده و مقایسه آن با مطالعات پیشین می‌توان چنین استنباط نمود که اصلی ترین عامل در اختلاف در بین جمعیت‌ها اغلب نتیجه جدایی جغرافیایی است با توجه به این مساله به نظر می‌رسد تمایز ریختی ماهیان سرمهاری این دو حوضه از هم به‌واسطه فاصله‌ی جغرافیایی نیز قابل توجیه می‌باشد.

منابع

- Adams, D.C., Rohlf, F.J. and Slice, D.E., 2004.** Geometric Morphometric: Ten Years of Progress Following the 'Revolution'. *Italian Journal of Zoology*, 71: 5-16.
- Bookstein, F.L., 1991.** Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge University Press. 340 pp.
- Coad, B.W., 2015.** Freshwater Fishes of Iran (Available at <http://www.briancoad.com>) (accessed on 10 April 2015).
- Costa, C. and 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.
- Fontanier, M.E., Tobler, M., 2009.** A morphological gradient revisited: cave mollies vary not only in eye size. *Environmental Biology of Fishes*, 86: 285-292.
- Hamilton, F., 1822.** An account of the fishes found in the river Ganges and its branches. Constable, Edinburgh, 405 pp.
- Hora, S.L., 1935.** Physiology, bionomics, and evolution of air breathing fishes of India. *Transactions of the National Institute of Sciences of India*, I: 1-16.
- Jouladeh-Roudbar, A., Vatandoust, S., Eagderi, S., Jafari-Kenari, S. and Mousavi-Sabet, H., 2015.** Freshwater fishes of Iran; an updated checklist. *AACL Bioflux*, 8(6): 855-909.