Archive of SID

دستیابی به الگوی پراکنش ماهی سفید در رودخانه‌ی سفیدرود براساس رفتار شناسی حرکتی ماهیان در نرم افزار *R*

گرامی، م. ح.[1*]

[1] *باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران*
*Email:m.h.gerami@gmail.com,m.h.gerami@gonbad.ac.ir

رفتارشناسی حرکتی ماهیان یکی از پرکاربردترین مسائلی است که می‌تواند در پویایی شناسی جمعیت ماهیان به کار آید. در عین حال این علم پیشرفت بسیار محدودی داشته است. بر اساس منحنی پراکنش لپتوکورتیک، رفتار حرکتی جمعیت ماهیان مشتق از سه مولفه‌ی اصلی است، مولفه‌ی ایستایی، مولفه‌ی حرکتی و سهم مولفه‌ی حرکتی در کل جمعیت. بر اساس این سه مولف و فاکتورهای طول ماهی، ضریب باله دمی ، میزان انشعابات رودخانه و مدت زمان آزمایش می‌توان رفتار حرکتی ماهی و مسافت طی شده را تخمین زد. این اعمال توسط پکیج *fishmove* تحت نرم‌افزار *R* قابل اجرا است. بدین منظور در پژوهش حاضر به بررسی رفتار شناسی حرکتی ماهی سفید *Rutilus frisii kutum* در رودخانه‌ی سفید رود پرداخته شد و سعی بر آن شد تا بر اساس رفتار حرکتی این ماهی پس از معرفی بچه ماهیان تکثیر شده به رودخانه، تخمین زده شود تا به چه صورتی ماهیان به بهترین نحو ممکن بازگشت شیلاتی خواند داشت.

کلمات کلیدی: بازگشت شیلاتی، رفتار حرکتی، *Rutilus frisii kutum*.

مقدمه

ماهیان مختلف در فصول مختلف، علی‌الخصوص در فصل تولید مثل؛ رفتارهای مهاجرتی متفاوتی را از خود بروز می‌دهند. درحقیقت از جنبه‌های گوناگونی می‌توان رفتار حرکتی ماهیان را تفسیر نمود. این جنبه‌ها اعم از مهاجرت‌های دوره‌ای، تغذیه‌ای و یا از همه مهم‌تر؛ رفتار تولید مثلی است (*Harden Jones 1968*). البته شکل و نوع رفتار حرکتی ماهیان جای بحث بسیار دارد، به طوری که مباحث به دو دسته‌ی متفاوت تقسیم شده است: رفتار پراکنشی ماهیان محدود است و یا اینکه ماهیان همواره درحال پراکنش هستند. البته پراکنش بدین معنی که ماهی از یک نقطه‌ی معین، حرکت یک طرفه به نقطه‌ی معین دیگر داشته باشد (*Lidicker and Stenseth 1992*). همچنین این عمل او بایستی اختیاری و با تصمیم مشخص باشد و به نحوی که حرکت گله‌ای صورت نپذیرد و در بازه‌های زمانی و مکانی متفاوت از دوره‌ی زندگی ماهی اتفاق بی‌افتد (*Fausch et al. 2002*).

متاسفانه اطلاعات موجود در زمینه‌ی رفتارشناسی حرکتی ماهیان جهت تعیین پراکنش آن‌ها محدود است. به همین دلیل پیش‌بینی دامنه‌ی تغییر مکان گونه‌ها به دلیل تغییرات آب و هوایی (*Climate change species range shift*) بسیار سخت و دشوار است. همچنین نمی‌توان تشخیص داد که آیا گونه‌های مهاجم با چه سرعتی به محیط‌های دیگر حمله خواهند کرد و یا گونه‌ی غیرمهاجم در صورت حمله‌ی گونه‌ی مهاجم، با چه سرعتی توانایی این را خواهد داشت که در زیستگاه دیگری سکنی گزیند و یا اینکه پس از اقدامات مدیریتی و بازسازی ذخایر و زیستگاه؛ گونه‌های درخطر و آسیب‌پذیر با چه سرعتی می‌توانند خود را بازیابی نمایند (*Kokko and Lopez-Sepulcre 2006*).

www.SID.ir

Archive of SID

در سال ۱۹۹۶، *Kot* و همکاران اظهار داشتند که الگوی حرکتی زمانی و مکانی جانوران مهاجم از الگوی پراکنش کرنال تبعیت می‌کند و به شدت به شکل الگو وابسته است. با این حال اطلاعات محدودی در مورد الگوی پراکنش لپتوکورتیک کرنال (*leptokurtic dispersal kernels*) برای ماهیان موجود است. *Radinger* و *Wolter* در سال ۲۰۱۴ الگوی پراکنش لپتوکورتیک کرنال را برای ماهیان رودخانه گسترش دادند و اظهار داشتند که دو فاکتور استا بودن و در حرکت بودن جمعیت در این الگو قابل تعریف است. بدین صورت که قسمت قله‌ی نمودار (*high peak*) بیانگر میل ایستایی جمعیت ماهی است. در مقابل آن، مولفه‌ی در حرکت بودن جمعیت با قسمت پائین نمودار که گسترده شده است قابل تفسیر است. به نحوی که جمعیت‌هایی که قابلیت بیشتری در حرکت و تغییر مکان دارند در نمودار لپتوکورتیک حجیم‌تر نشان خواهند داد. واضح است که تعیین مولفه‌ی در حرکت بودن جمعیت، برای مقاصد شیلاتی اهمیت وافری دارد چراکه می‌توان بر اساس آن بازه‌ی زمانی مابین بازسازی زیستگاه زودخانه و پاسخ ماهی بر اساس مسافت و سایز نزدیکترین جمعیت به منطقه‌ی بازسازی شده را تخمین زد. همچنین می‌توان تخمین زد که در صورت حمله‌ی گونه‌ی مهاجم و خارجی و یا معرفی یک گونه‌ی غیر بومی (مانند معرفی تیلاپیا به یک رودخانه) به زیستگاه رودخانه، در چه مدت زمانی گونه‌ی مهاجم ممکن است در تمامی زیستگاه پراکنش یابد و یا حتی گونه‌ها با چه بازه‌ی زمانی به تغییرات محیطی و یا تغییرات آب و هوایی پاسخ خواهند داد. بنابراین هدف این مطالعه پیش‌بینی رفتار حرکتی ماهیان رودخانه بر اساس نرم‌افزار *R* است. برای نمونه از اطلاعات ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) در رودخانه‌ی سفید رود استفاده شده است و سعی برآن شده است تا بر اساس رفتار حرکتی این ماهی پس از معرفی بچه ماهاین تکثیر شده به رودخانه، تخمین زده شود تا به چه صورتی ماهیان به بهترین نحو ممکن بازگشت شیلاتی خواند داشت.

مواد و روش‌ها

منحنی پراکنش لپتوکورتیک کرنال بهترین منحنی برای نشان دادن پراکنش ماهیان است و در مطالعات مختلفی به آن اشاره شده است (*Skalski and Gilliam 2000; Rodriguez 2002*). ساختار این منحنی به صورت این است که دو پراکنش نرمال روی هم قرار گرفته‌اند و همپوشش شده اند تا احتمال پیشامد افراد بر مبنای فاصله‌ی *x* نسبت به جمعیت اولیه یا مکان اولیه تخمین بزنند. این دو فاکتور، فاکتور ایستایی جمعیت و فاکتور متحرک جمعیت هستند که در رابطه‌ی زیر تخمین زده می‌شوند:

$$F(x) = p \times \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{stat}^2}} \times e^{\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma_{stat}^2}} + (1-p) \times \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{mob}^2}} \times e^{\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma_{mob}^2}}$$

که در آن σ_{mob} فاکتور متحرک جمعیت و σ_{stat} بیانگر میانگین جابجایی بخش ایستایی جمعیت است و p بیانگر میزان سهم بخش ایستایی در جمعیت کل است. درواقع p بدین معنی است که جمعیت کل به چه میزانی میل به ایستا بودن دارد و این ضریب حتی در زیر جمعیت‌ها نیز متغیر است . در قدم اول به بررسی میزان همبستگی بین این دو فاکتور پرداخته می‌شود. در قدم دوم رگرسیون خطی بین سه فاکتور σ_{stat}، σ_{mob}، p و فاکتورهای طول ماهی، ضریب باله دمی (*Caudal fin aspect ratio*) میزان انشعابات رودخانه و مدت زمان آزمایش؛ انجام خواهد گرفت. در مرحله سوم رگرسیون چند متغیره جهت دستیابی به مدل اعمال خواهد شد. تمامی اعمال ذکر شده تحت پکیج *fishmove* (*Radinger and Wolter, 2014*) در نرم افزار *R* انجام گرفت.

ضریب باله‌ی دمی برابر با ۱/۴۸ اندازه گیری شد. برای اندازه‌گیری ضریب باله‌ی دمی از رابطه‌ی $A=h^2/s$ استفاده شد (*Froese and Pauly 2016*) که در آن h برابر با ارتفاع باله‌ی دمی و s برابر با مساحت سطح باله‌ی دمی بود. بر اساس مطالعات میدانی، میزان انشعابات سفید رود ۳ انشعاب تشخیص داده شد و مدت زمان مورد آزمایش برابر با یک سال (۳۶۵ روز) منظور شد. برای

www.SID.ir

Archive of SID

پیش‌بینی رشد در ماه‌های مختلف از معادله‌ی رشد ون‌برتلانفی استفاده شد. پارامترهای رشد ون‌برتالانفی به شرح زیر در فرمول قرار داده شد: $L\infty = 63.00\ cm, K = 0.21\ year^{-1}, t_0 = -0.88$ (*Bandpei et al., 2010*). سن بازگشت شیلاتی بر حسب منابع ۳/۷ سال است که ۳ در نظر گرفته شد. بر این اساس میانگین طول کل در سال اول برابر با ۲۰/۵۴ سانتی‌متر، در سال دوم ۲۴/۵۹ و در سال سوم ۳۱/۱۰ بدست آمد. عدد p در آنالیز نیز برابر با ۰/۵ درنظر گرفته شد که نشان از این داشت که حداقل نصف جمعیت میل به تحرک دارند.

نتایج

بر اساس آنالیز رفتار شناسی حرکتی ماهی سفید، مشخص شد که سهم مولفه‌ی متحرک در جمعیت سال اول ۱۴ برابر، در سال دوم ۱۶ برابر و در سال سوم ۲۲ برابر است که مشخص است با افزایش سن میل تحرک جمعیت بیشتر می‌شود (جدول ۱).

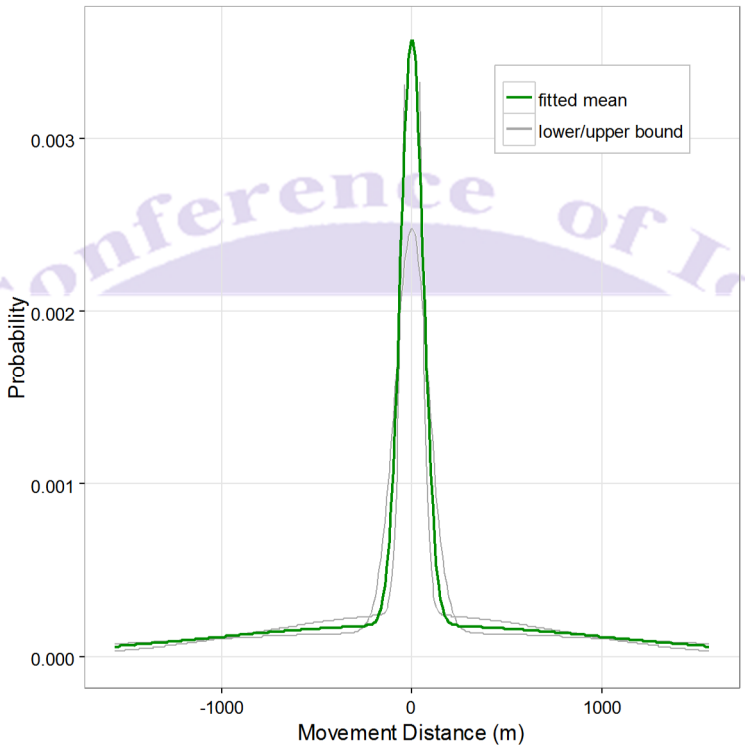
جدول ۱: ضرایب سهم متحرک و ایستای جمعیت در سال‌های مختلف برای ماهی سفید.

σ_{mob}	σ_{stat}	
۴۸۲/۷۴	۳۳/۵۳	سال اول
۱۳۶۰/۴۱	۸۲	سال دوم
۲۷۲۵	۱۲۰	سال سوم

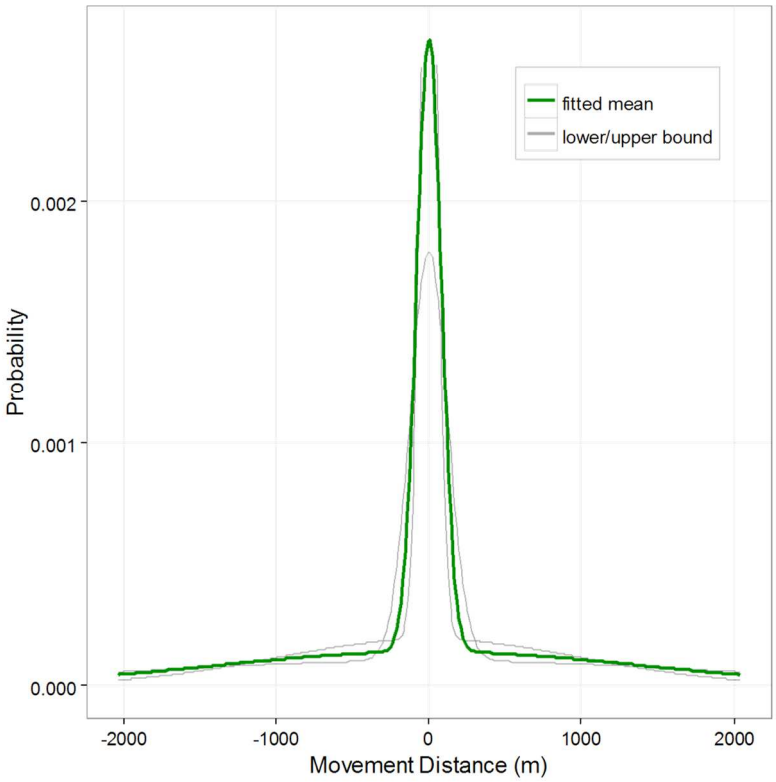
بر اساس الگوی پراکنش ماهیان سفید در سال اول حد پراکنش ماهی سفید در مرز ۱۵۰۰ متر به سمت بالارود و پایین رود (*Upstream and down stream*) در نوسان است. این مرز در سن دو سالگی به ۲۰۰۰ متر و در سن سه سالگی به مرز ۳۰۰۰ متر می‌رسد (شکل ۱ تا ۳).

www.SID.ir

Archive of SID



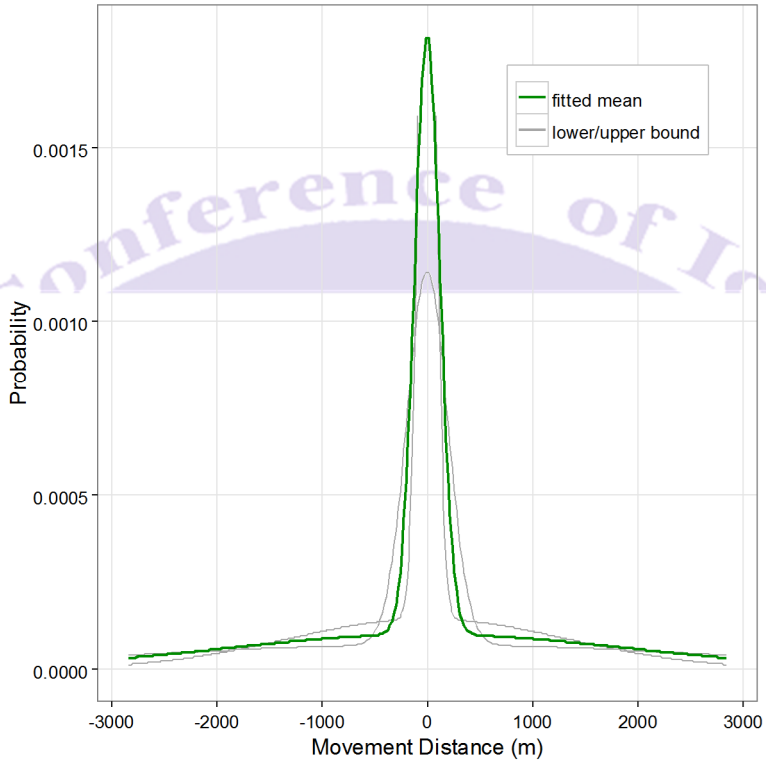
شکل ۱: میزان احتمال پراکنش ماهی سفید در سن یک سالگی.



شکل ۲: میزان احتمال پراکنش ماهی سفید در سن دو سالگی.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳: میزان احتمال پراکنش ماهی سفید در سن سه سالگی.

بحث

همانطور از نتایج برمی‌آید، در سال سوم که زمان بازگشت شیلاتی ماهی سفید است، این آبزی در حدود ۳ کیلومتر با احتمال کم (در بهترین حالت) جابجایی خواهد داشت. همچنین سهم مولفه‌ی متحرک جمعیت نیز ۰/۵ درنظر گرفته شد که از حد معمول ۰/۳ نیز بسیار بالاتر است (*Radinger and Wolter, 2014*). بنابراین بهترین مکان برای این منظور که بازگشت شیلاتی در دریای خزر برای ماهی سفید بهبود یابد این است که مسیر رودخانه تا دریا در کمترین میزان خود باشد. البته این مسئله با عامل محدود کننده‌ی شوری و محیط زیست استرس‌زای مصبی بسیار در تناقض است. زیرا نوجوان‌های تکثیر شده که آماده‌ی رهاسازی هستند نیاز به مناطق نوزادگاهی کم استرس دارند. از نقطه نظر دیگر، بازه‌ی پراکنش این ماهیان مستقیم نیست. درواقع منحنی لپتوکورتیک نشان می‌دهد که پراکندگی ماهی به سمت بالارود و پایین رود است. این مسئله باعث می‌شود که تشخیص جهت حرکت ماهی قابل پیش‌بینی نباشد. لذا ممکن است ماهی سفید قبل از مهاجرت به دریا و بازگشت شیلاتی مهاجرت به سمت بالارود را داشته باشد که پس از آن، تشخیص دوباره‌ی مسیر و بازگشت به دریا برای ماهی مشکل شود.

در ادامه، ممکن است تعداد ماهیان تکثیر شده نیز خود باعث عامل محدودیت دیگری نیز باشد. بر طبق اصل ۵۰۰/۵۰ که برای بقای یک جمعیت حداقل ۵۰ مولد (*Soule 1980*) و یا ۵۰۰ بالغ (*Franklin 1980*) لازم است. نتایج نشان داد که اگر ماهی سفید در سن ۳ سالگی در فاصله‌ی ۳ کیلومتری از دریا باشد، و احتمال جابجایی در حد ۳ کیلومتر ۰/۰۰۰۱ باشد، بنابراین در جمعیت اولیه حداقل ۱۰۰۰۰ مولد و یا ۱۰۰۰۰۰ بالغ لازم است تا از نقطه‌ی ۳ کیلومتری دور از دریا در طی ۳۶۵ روز حداقل ۵۰ مولد به دریا مهاجرت کنند. البته نبایستی اهمیت محیط زیست ماهی (رودخانه)، ضریب باله‌ی دمی و طول کل ماهی را نیز نادیده گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

نکته‌ی مهم دیگر، دستیابی به سهم دقیق مولفه‌ی های ایستایی و متحرک در جمعیت است. یکی از مهمترین مسائلی که می‌تواند بر این بخش تاثیر بگذارد و تحت کنترل خود بگیرد، تغییرات اکولوژیکی زیستگاه است که اثر معناداری بر بخش متحرک جمعیت می‌گذارد. این تاثیر اکولوژیکی به سادگی قابل تشخیص نیست و در آنالیزهای این پژوهش نیز مورد نظر قرار نگرفته است. همچنین ممکن است هر فرد از جمعیت در هر زمان بین بخش متحرک و ایستای جمعیت در حرکت باشد که این نیز امری ناشناخته است و نیاز به مطالعات بیشتر دارد.

منابع:

1- Bandpei, A., Mansor, M., Abdolmalaki, S., Keymaram, F., Isa, M. M., & Janbaz, A. A. (2010). Age and growth of kutum (Rutilus frisii kutum, Kamensky, 1901) in southern Caspian Sea. International Aquatic Research, 2(1), 25-33.
2- Fausch, K.D., Torgersen, C.E., Baxter, C.V. and Li, H.W. (2002) Landscapes to riverscapes: bridging the gap between research and conservation of stream fishes. BioScience 52, 483–498.
3- Franklin, I.R. (1980) Evolutionary change in small populations. In: Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective (eds M.E. Soule and B.A. Wilcox). Sinauer Associates, Sunderland, pp. 135–149.
4- Froese, R. and Pauly, D. (2016) FishBase. Available at: http://www.fishbase.org (accessed 5 April 2016).
5- Harden Jones, F.R. (1968) Fish Migration. Edward Arnold, London.
6- Kalski, G.T. and Gilliam, J.F. (2000) Modeling diffusive spread in a heterogeneous population: a movement study with stream fish. Ecology 81, 1685–1700.
7- Kokko, H. and Lopez-Sepulcre, A. (2006) From individual dispersal to species ranges: perspectives for a changing world. Science 313, 789–791
8- Kot, M., Lewis, M.A. and Van Den Driessche, P. (1996) Dispersal data and the spread of invading organisms. Ecology 77, 2027–2042.
9- Lidicker, W.Z. and Stenseth, N.C. (1992) To disperse or not to disperse: who does it and why? In: Animal Dispersal: Small Mammals as a Model (eds N.C. Stenseth and W.Z. Lidicker). Chapman & Hall, London, pp. 21–36.
10- Radinger, J. and Wolter, C. (2014). Patterns and predictors of fish dispersal in rivers. Fish and Fisheries. 15:456-473
11- Radinger, J., & Wolter, C. (2014). Patterns and predictors of fish dispersal in rivers. Fish and Fisheries, 15(3), 456-473.
12- Rodriguez, M. A.(2002)Restricted movement in stream fish: the paradigm is in complete, not lost. Ecology 83, 1–13.
13- Soule, M.E. (1980) Thresholds for survival: maintaining fitness and evolutionary potential. In: Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective (eds M.E. Soule and B.A. Wilcox). Sinauer Associates, Sunderland, pp. 151–169.

Approximate pattern of Caspian kutum according to its movement behavioral in R

Gerami, M. H. [1,*]

[1]*Young Researchers and Elite Club, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran*
[*]*Email:m.h.gerami@gmail.com,m.h.gerami@gonbad.ac.ir*

www.SID.ir