شاپای چاپی: ۲۵۸۸-۵۶۲۶
شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۱۴۷
شیل ۵ (۴) ۱۳۹۶، ۱۵۲-۱۴۶
P-ISSN: 2588-5626
E-ISSN: 2538-4147

شیل

https://shilsj.ut.ac.ir; www.shil-journal.ir

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

محمد حسن گرامی

دکتری تولید و بهره‌برداری آبزیان، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد شیراز، شیراز

مسئول مکاتبات: m.h.gerami@gonbad.ac.ir

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۶/۱۱/۱۵

تاریخ انتشار:
۱۳۹۶/۱۲/۲۰

واژگان کلیدی:
بازگشت شیلاتی
رفتار حرکتی
Rutilus kutum

چکیده

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 (σ_{stat})، مولفه‌ی حرکتی (σ_{mob}) و سهم مولفه‌ی حرکتی در کل جمعیت (p). بر اساس این سه مولفه و فاکتورهای طول ماهی، ضریب بالـه دمی (Caudal fin aspect ratio) 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 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 که به چه صورتی ماهیان به بهترین نحو ممکن بازگشت شیلاتی خواهند داشت.

مقدمه

ماهیان مختلف در فصول مختلف، بویژه 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 اینکه ماهیان همواره درحال پراکنش هستند.

پراکنش بدین معنی است که ماهی از یک نقطه‌ی معین، حرکت یک طرفه به نقطه‌ی معین دیگر داشته باشد (Lidicker and Stenseth, 1992). همچنین این عمل 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 صورت گیرد (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 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).

Kot و همکاران (۱۹۹۶) 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 (۲۰۱۴) الگوی پراکنش لپتوکورتیک کرنال را برای ماهیان رودخانه‌ای گسترش دادند و اظهار داشتند که دو عامل ایستا 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، عامل 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 عامل در حرکت بودن جمعیت، برای مقاصد شیلاتی اهمیت بالایی دارد چراکه می‌توان بر اساس آن بازه‌ی زمانی مابین بازسازی زیستگاه رودخانه و پاسخ ماهی بر اساس مسافت و اندازه 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 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 kutum*) در رودخانه‌ی سفید رود استفاده شده است و سعی برآن شده است تا بر اساس رفتار حرکتی این ماهی پس از معرفی بچه ماهیان تکثیر شده به رودخانه، تخمین زده شود که به چه صورتی ماهیان به بهترین نحو ممکن بازگشت شیلاتی خواهند 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 این صورت 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 را تخمین بزنند. این دو عامل (ایستایی و تحرک 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} عامل 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 عامل 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 سه انشعاب تشخیص داده شد و مدت زمان مورد آزمایش برابر با یک سال (۳۶۵ روز) منظور شد. برای پیش‌بینی رشد در ماه‌های مختلف از معادله‌ی رشد ون‌برتالانفی 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.

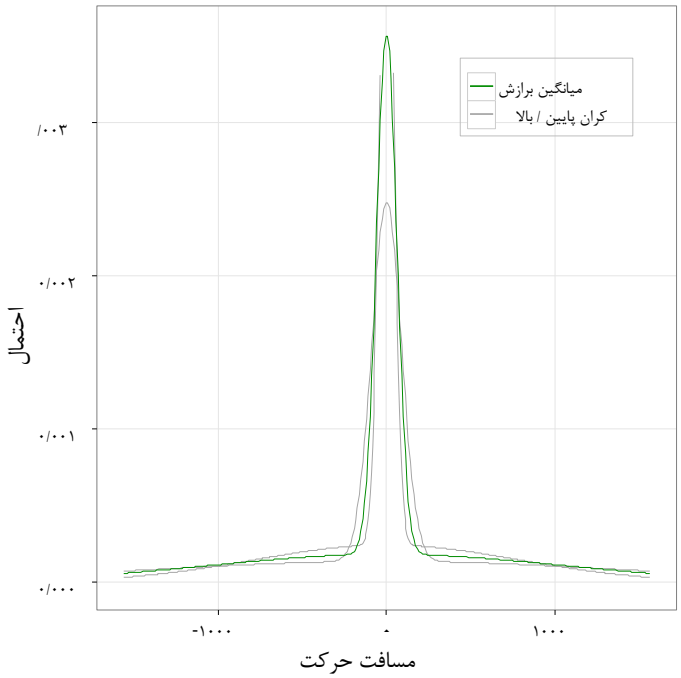
نتایج

بر اساس تجزیه و تحلیل رفتار شناسی حرکتی ماهی سفید، مشخص شد که سهم عامل 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).

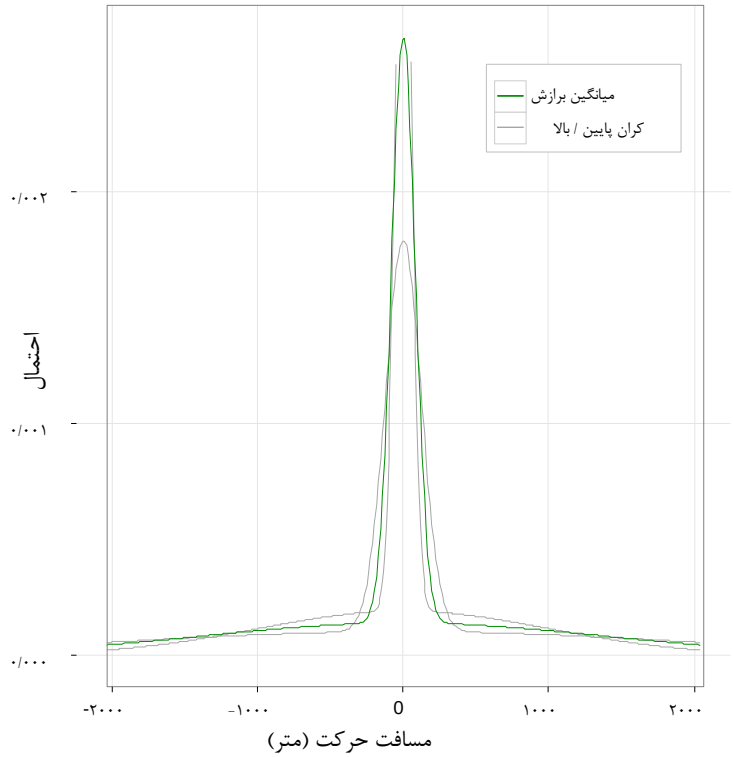
جدول ۱: ضرایب سهم متحرک و ایستای جمعیت در سال‌های مختلف برای ماهی سفید

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

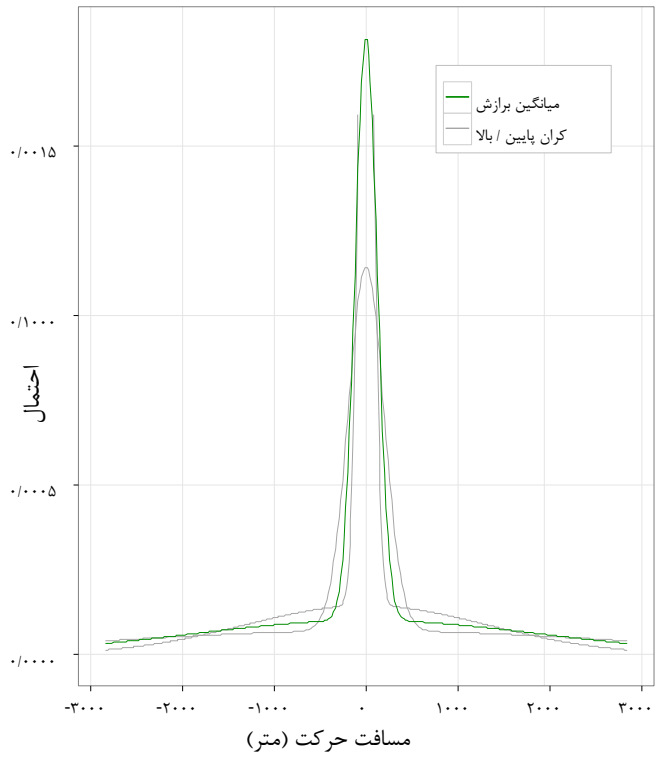
بر اساس الگوی پراکنش ماهیان سفید در سال اول حد پراکنش ماهی سفید در مرز ۱۵۰۰ متر به سمت بالارود و پایین رود (Upstream and down stream) در نوسان است. این مرز در سن دو سالگی به ۲۰۰۰ متر و در سن سه سالگی به مرز ۳۰۰۰ متر می‌رسد (شکل ۱ الی ۳).



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



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



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

بحث

همان طور 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 عامل محدود کننده ی 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.

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

Bandpei A., Mansor M., Abdolmalaki S., Keymaram F., Isa M. M. and 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.

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. Journal of BioScience, 52, 483–498.

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, 135–149 pp.

Froese R. and Pauly D. (2016). FishBase. Available at: http://www.fishbase.org (accessed 5 April 2016).

Harden Jones F.R. (1968). Fish Migration. Edward Arnold, London. 499 pp.

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.

Kokko H. and Lopez-Sepulcre A. (2006). From individual dispersal to species ranges: perspectives for a changing world. Journal of Science, 313, 789–791

Kot M., Lewis M.A. and Van Den Driessche P. (1996). Dispersal data and the spread of invading organisms. Journal of Ecology, 77, 2027–2042.

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.

Radinger J. and Wolter C. (2014). Patterns and predictors of fish dispersal in rivers. Fish and Fisheries. 15,456-473.

Rodriguez M. A. (2002). Restricted movement in stream fish: the paradigm is in complete, not lost. Journal of Ecology 83, 1–13.

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, 151–169 pp.

Approximate pattern of Caspian Kutum (*Rutilus kutum*) according to its movement behavioral in R

Mohammah Hasan Gerami

Young Researchers and Elite Club, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz

Corresponding author: m.h.gerami@gonbad.ac.ir

Abstract

Movement ethology in fishes is the most important key in fish population dynamics. However, this science is remained limited. Based on leptokurtic dispersal kernels, movement ethology of fishes contained form three parameters which is (i) a stationary component (σ_{stat}) and (ii) a mobile component (σ_{mob}) as well as the (iii) share of each component (p). According to these three parameters and fish length, aspect ratio of the caudal fin, stream size and duration of the study; movement distances in fish can be calculated by R and through *fishmove* package. Therefore, in this study, movement ethology of *Rutilus kutum* investigated based on leptokurtic dispersal kernel. In addition, this study tried to approximate how recruitment could be more successful if we had more knowledge about movement ethology of Caspian kutum in its habitat.

Keywords: Movement ethology, Recruitment, *Rutilus kutum*

(Scan me)

جهت دسترسی به نسخه آنلاین بارکد مقابل را اسکن نمایید

How to cite this article:

Gerami M.H. (2018). Approximate pattern of Caspian Kutum (*Rutilus kutum*) according to its movement behavioral in R. Shil, 5 (4), 146-152.

گرامی، م. ح. (۱۳۹۶). دست‌یابی به الگوی پراکنش ماهی سفید (*Rutilus kutum*) در رودخانه‌ی سفیدرود براساس رفتار شناسی حرکتی ماهیان در نرم افزار R. شیل، ۵ (۴)، ۱۵۲-۱۴۶.