



Original Research Paper

Report of *Gammarus parthicus* in the east of Iran (South Khorasan, Birjand) along with the frequency distribution of body length and the relationship between the number of eggs and different parts of the body

Mahmoud Moshgani ^{*1}, Alireza Mirzajani ²

¹Department of Environment sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran

²Inland Water Aquaculture Research Center of Iran, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Bandar Anzali, Iran

Key Words

Birjand city
Qanat
Morphological characteristics
Sex ratio
Model

Abstract

Introduction: The goal of this study was to investigate in *Gammarus parthicus*, body length frequency distribution (male, female) and relationship between clutch size and different body parts (head, pereon, pleon).

Materials & Methods: Sampling from a Qanat in 2019 was done in Birjand city (Spring, Summer, Autumn and Winter). Totally, 252 *gammaruses* were caught. In each sampling, one hour was attempted to catch *gammaruses* by a hand sieve with one mm mesh size. To measure, a stereo microscope and millimeter paper were used and the samples were photographed. With a petri dish and the plastic talc (placed over the samples) *gammaruses* were photographed lively. Length was measured from the beginning of the head (Rostrum) to the end of tail (Telson). In addition, head, back and tail length were measured separately. Image-J software was used to analyze the resulted images.

Results: The mean total length of males and females *gammaruses* in four seasons were (Mean±SE) (15.75±1.21) and (12.93±1.43) respectively. Sex ratios differed according to the seasons. The total body length was obtained as a model of the explanatory variables including head length, tail length and season. The most sex ration in spring (1.39) and the lowest one in winter (0.31) were observed respectively. The total body length was obtained as a model of the explanatory variables including head length, tail length and season. The number of eggs (clutch size) per fertilized female was obtained by tearing the bag of eggs. The number of eggs was counted in a sample of *gammaruses* after 10 days keeping in the climate room. The climate room was used to simulate the reproduction conditions. The number of eggs was obtained as a model of head length and tail length.

Conclusion: The report of *Gammarus* in the east of Iran and the influence of season in life cycle of the *Gammarus*.

* Corresponding Author's email: moshganim@birjand.ac.ir

Received: 25 April 2021; Reviewed: 30 May 2021; Revised: 2 August 2021; Accepted: 3 September 2021

(DOI): [10.22034/AEJ.2021.299000.2607](https://doi.org/10.22034/AEJ.2021.299000.2607)

مقاله پژوهشی

گزارش گاماروس (*Gammarus parthicus*) در شرق کشور (خراسان جنوبی، بیرجند) به همراه توزیع فراوانی طول بدن و ارتباط تعداد تخم با بدن

محمود مشکانی^{۱*}، علیرضا میرزاجانی^۲

^۱ گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

^۲ پژوهشکده آبی پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

کلمات کلیدی

شهرستان بیرجند
قنات
خصوصیات مورفولوژیکی
نسبت جنسی
مدل

چکیده

مقدمه: هدف از این مطالعه بررسی توزیع فراوانی طولی گاماروس‌ها (*Gammarus parthicus*) (نر و ماده) و همچنین ارتباط تعداد تخم با اندازه بدن (سر، پشت، دم) می‌باشد.

مواد و روش‌ها: نمونه برداری از قنات ماسن شهرستان بیرجند در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان، سال ۹۸ انجام شد. جمعاً در طی ۴ فصل ۲۵۲ گاماروس صید شدند. برای اندازه گیری نمونه‌ها از استریومیکروسکوپ و کاغذ میلی متری استفاده گردید و از نمونه‌ها عکس برداری شد. طول از ابتدای سر (رسترم) تا نوک دم (تلسون) اندازه گیری شد. علاوه بر این طول سر، پشت و دم نیز به صورت جداگانه اندازه گیری شدند. نرم افزار Image-J برای تجزیه و تحلیل عکس‌های حاصله استفاده گردید. تعداد تخم، پس از شکافتن کیسه تخمی به ازای ماده‌های بارور از یک نمونه گاماروس‌ها پس از ۱۰ روز نگهداری در اتاقی با شرایط تنظیم شده کشت (شبیه سازی شرایط تولیدمثل) شمارش شدند.

نتایج: میانگین طول کلی گاماروس‌های نر در چهار فصل به صورت میانگین و خطای استاندارد به ترتیب برای نرها ($15/75 \pm 1/21$) میلی متر) و ماده‌ها ($12/93 \pm 1/43$) میلی متر) بود. نسبت‌های جنسی (نر به ماده) بر حسب فصول، اختلاف داشتند. بیشترین مقدار در فصل بهار ($1/39$) و کمترین در فصل زمستان ($0/31$) مشاهده شد. طول کلی بدن به صورت مدلی از متغیرهای طول سر، طول دم و فصل و تعداد تخم به صورت مدلی از طول سر و طول دم به دست آمد.

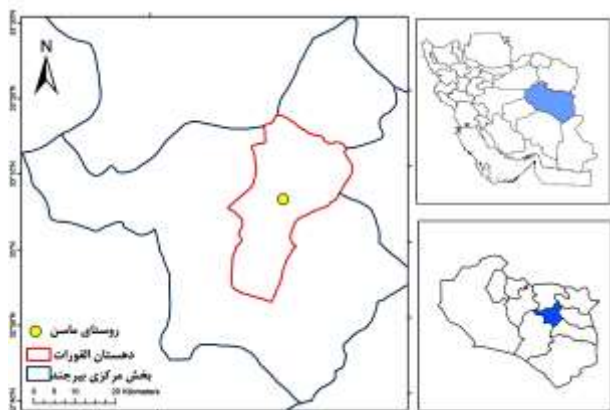
بحث و نتیجه گیری: مشاهده گاماروس در شرق ایران با اثر تغییرات شرایط زمان (فصل) در دوره زندگی این گونه گزارش گردید.

مقدمه

رده سخت‌پوستان دارای اشکال ظاهری مختلف هستند و در زیستگاه‌های متنوعی شامل محیط‌های دریایی تادریاچه‌های کوهستانی مرتفع و حتی نواحی کویری زندگی می‌کنند. تکامل دوره زندگی در سخت‌پوستان این توانایی را در آن‌ها ایجاد کرده که بتوانند در محیط‌های مختلفی سازگاری یابند (۱). برخی سخت‌پوستان آبی از نظر اقتصادی و با توجه به اسیدی شدن آب‌های کره زمین در دهه‌های اخیر، برای انسان اهمیت زیادی پیدا کرده‌اند. مطالعات زیادی در مورد خصوصیات مورفولوژی برخی از این سخت‌پوستان آبی، به‌منظور بررسی ارزیابی ذخایر و چگونگی کاهش جمعیت آن‌ها انجام شده است (۲، ۳، ۴). به‌عنوان مثال Fernandez و همکاران، صفات و خصوصیات تولیدمثلی یک‌گونه خرچنگ دراز یا لابستر را در دو دوره زادآوری مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این بررسی صفاتی مانند اندازه طولی ماده و ارتباط آن با مقدار باروری و وزن تخم اندازه‌گیری شد و به‌صورت‌های مختلف رگرسیون‌های یک‌متغیره نمایش داده شد. بسیاری از صفات تکاملی دوره زندگی (به‌عنوان مثال، تعداد و اندازه تخم، زمان و سن و اندازه موجود در هنگام تولیدمثل و طول عمر حیوان) در سخت‌پوستان شبیه به هم و ارتباطات رگرسیونی بین این صفات و اجزای بدن وجود دارد (۴). گاماروس از رده سخت‌پوستان و راسته دو جورپایان و خانواده Gammaridae می‌باشند. گاماروس از نظر اقتصادی به‌عنوان غذای ماهیان بسیار مهم هستند. آن‌ها دارای مواد مغذی مناسب برای ماهیان، مانند قزل‌آلا می‌باشند (به‌علت وجود کاروتنوئیدها و ترکیبات پروتئین) و سالانه توسط برخی کشورها به‌صورت ماده خشک صادر می‌گردند. به‌عنوان مثال در رابطه با اهمیت پرورش گاماروس جهت تغذیه ماهیانی مانند قزل‌آلا، کپور و تیلپیا و تاثیر عصاره گاماروس بر روی ماهیان قره‌برون پژوهش‌هایی به چاپ رسیده است (۵، ۶). طی مطالعه‌ای که در دریای خزر انجام شد نتایج تحقیق نشان داد که گاوماهی خزری از گاماروس به‌عنوان غذای اصلی استفاده می‌کند (۷). به‌غیر از کلیدهای شناسایی، جهت شناسایی گاماروس‌ها که به‌طور سنتی با استفاده از ویژگی‌های مورفولوژی انجام شده، بر روی دیگر خصوصیات مورفولوژی که برگرفته از صفات تکاملی دوره زندگی گاماروس می‌باشد مانند رابطه طول سر با تعداد تخم و طول ماده با تعداد تخم به‌صورت رگرسیون یک متغیره گزارش‌های متعددی انتشار یافته است (۸، ۹). به‌عنوان مثال Parto و Biandolino رابطه معنی‌داری بین طول سر ماده‌ها و تعداد تخم را پیدا کردند (۱۰). همچنین رابطه خطی ساده‌نیز بین طول بدن و تعداد تخم در مطالعات زیادی به‌دست‌آمده است (۱۱، ۱۲). در ایران از راسته ناجورپایان تنها ۷۴ گونه در حوزه دریای خزر زیست

می‌کنند که ۶۹ گونه آن‌ها بومی می‌باشند (۱۳). معمولاً آشنایی عمومی با این سخت‌پوستان آبی بیش‌تر به دریا و سواحل خزری معطوف گشته است. با این‌وجود، مطالعات نشان می‌دهد که تاکنون ۲۴ گونه از گاماروس‌های آب‌های شیرین از ایران و آب‌های داخلی گزارش شده است (۱۴). اولین گزارش گونه گاماریده از ایران (*Gammarus pulex persicus* Karaman) در قسمت شمال‌شرقی ایران به ثبت رسید (۱۵). در سال ۱۹۵۶ یک شرح ریخت‌سنجی از *Gammarus pulex* Linnaeus، 1758 از منطقه شمال غربی ایران انجام شد (۱۶). Mateus و Mateus مقاله‌ای با استفاده از نمونه موجود در موزه تاریخ طبیعی وین (*G. pretzmann*) به چاپ رساندند (۱۷). Stock و همکاران، ۶ گونه از گاماروس‌های ایران و ۴ گونه جدید از قسمت‌های شمالی ایران را گزارش نمودند (۱۸). اگرچه هنوز هم گونه‌ها و زیرگونه‌های جدید از ایران گزارش می‌شود (۱۹، ۲۰) می‌توان اظهار کرد که تنوع گونه‌های گاماروس در حوزه‌های داخلی تا حد زیادی ناشناخته مانده است زیرا که روش‌های سنتی شناخت تنوع زیستی مبتنی بر بررسی‌های مورفولوژیکی بوده است و بررسی‌های مولکولی کم‌تر انجام شده و گونه‌های پنهان، به‌ویژه در مناطق دورافتاده از نظر دورمانده است. شرق ایران و خراسان جنوبی یکی از این مناطق است. بررسی‌های مورفولوژی اولیه با استفاده از کلیدهای شناسایی نشان داد که گونه یافت شده (*Gammarus parthicus*) می‌باشد (۱۴). یافتن این گونه می‌تواند برای پژوهشگران فن‌های مولکولی و ژنتیکی بسیار ارزشمند باشد. Katouzian و همکاران نشان دادند که در مناطق داغ تنوع‌زیستی که ایران یکی از این مناطق در جهان می‌باشد تنوع‌زیستی و وجود گونه‌های اندمیک تا حد زیادی ناشناخته مانده است. اگرچه در بررسی‌های مورفولوژی برای پیدا نمودن رگرسیون‌های ساده صفات تکاملی دوره زندگی با اجزای بدن گاماروس‌ها همان گونه که در فوق اشاره گردید مطالعات مختلفی انجام شده است (۱۲). با این‌وجود معادلات خطی با استفاده از مدل‌های رگرسیون چندمتغیره در روابط بین طول سر، طول پشت و طول دم و همچنین ارتباط هر یک از قسمت‌های مختلف بدن گاماروس با تعداد تخم ناشناخته مانده است. چون تخم (اندازه و تعداد) یک صفت تکاملی مهم دوره زندگی در بسیاری از موجودات از جمله گاماروس‌ها است یک ارتباط و همبستگی با اندازه بدن دارد (هرچه اندازه بزرگ‌تر باشد موجود تخم بیش‌تری را حمل می‌کند). ارتباط بین طول مادری و تخم مشخص می‌کند که مادران چقدر باید سرمایه‌گذاری روی تخم‌ها و فرزندان آینده خود انجام دهند. آیا برای یک گاماروس ماده یک استراتژی خوب این است که تعداد تخم کم‌تر و با اندازه بزرگ‌تر داشته باشد یا این‌که تعداد تخم بیش‌تر و با اندازه کوچک‌تر را برای فرزندان آتی سرمایه‌گذاری کند. شرایط محیطی که گاماروس در آن سازگاری پیدا کرده است و در اکولوژی تکاملی، سازگاری محلی گفته

به کار برده شده ۲۵۲ عدد شمارش گردید. پس از عکس برداری با استفاده از نرم افزار Image-J اندازه گیری بر روی عکس ها انجام گردید (۲۱). برای شمارش تخم، کیسه تخمی ماده شکافته می شد (اووستگایتها کنار زده شدند) و تعداد یادداشت می گردید.



شکل ۱: محل نمونه برداری از گاماروس دریکی از قنات های شهرستان بیرجند، خراسان جنوبی



شکل ۲: گاماروس های جفت شده (Precopula pair) قبل از پوست اندازی ماده



شکل ۳: یک گاماروس بالغ ماده حاوی تخم

می شود این استراتژی را مشخص می کند. در مطالعه حاضر، بررسی توزیع فراوانی طولی بین اجزای بدن (سر، پشت و دم) در نرها و ماده ها و ارتباط این اجزا با تعداد تخم به صورت مدل های رگرسیون چند متغیره بررسی می گردد. تعیین نسبت های جنسی و اندازه گیری میانگین طول کلی نرها و ماده ها در هر فصل از اهداف دیگر این پژوهش می باشند.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه: محل نمونه برداری دریکی از قنات های

بخش مرکزی بیرجند واقع در استان خراسان جنوبی به نام ماسن بود. روستای ماسن در دهستان القورات قرار دارد (شکل ۱). با استفاده از یک صافی دستی با چشمه های یک میلی متری، از بستر قنات و بین جلبک ها و در طی زمان یک ساعت در هر فصل (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) در سال ۹۸ نمونه گیری انجام شد. تعداد نرها و ماده های جفت شده در هر نمونه گیری مشاهده و ثبت گردید. نمونه ها به آزمایشگاه منتقل شدند و در آکواریوم نگهداری گردیدند. هر آکواریوم مجهز به پمپ هوادهی بود و هر هفته ۳۰٪ از آب آکواریوم تعویض می گردید. روش کار به صورت عکس برداری از نمونه های گاماروس بود و داده های این مطالعه در حقیقت عکس هایی بود که با استفاده از استرئو میکروسکوپ صورت می گرفت. نمونه پس از صید از آکواریوم با استفاده از یک پیپت پلاستیکی به پتری دیش منتقل می شد که در زیر آن مقیاسی از کاغذ یک میلی متری تعبیه شده و با گذاشتن یک صفحه پلاستیکی شفاف بر روی گاماروس ها از حرکات ارگانسیم جلوگیری می شد. با این روش پس از عکس برداری، بدون آسیب به موجود امکان انتقال آن به آکواریوم گاماروس های عکس برداری شده صورت گرفت (شکل های ۲ و ۳). یکی از دلایل روش به کار برده شده و از بین نبردن حیوان در الک، می تواند به این علت باشد که تنها جایگاه گاماروس مذکور فقط در یک قنات و یا حداکثر در تعداد معدودی از قنات ها در بیرجند وجود دارد و احتمال محو شدن این گونه در اثر خشک سالی های اخیر و آبی زیاد می باشد در گاماروس ماده بین بند ۵ و ۶ در قسمت پشت حیوان یک شیاری دیده می شود که نشانه خوبی برای تشخیص ماده بالغ از نر بالغ بود (شکل های ۲ و ۳). در ضمن با استفاده از این روش امکان اندازه گیری طول سر، پشت (۷ بند) و دم شش قسمتی وجود داشت. عکس برداری به صورت تکی از ماده و نر صورت می گرفت و در مورد گاماروس های جفت که در مرحله پرکوپولیت بودند، پس از انتقال به پتری دیش با استفاده از یک برس مویی نازک و کوچک جدا می شدند. عکس برداری از هر دسته نمونه گیری شده معمولاً یک هفته طول می کشید. تعداد گاماروس های

نتایج

مقایسه طول نرها و ماده‌ها: طول نرها به‌طور کلی بزرگ‌تر از ماده‌ها می‌باشد ($16/77 \pm 0/29$ طول نرها در مقابل $13/19 \pm 0/31$ طول ماده‌ها) ($ANOVA: F=57/97, df=1, p<0/001$). طول نرها و ماده‌ها هم‌چنین در فصول مختلف تفاوت معنی‌دار داشت ($p<0/001, df=1$ ، $ANOVA: F=55/33$) (شکل ۴). به‌ترتیب بیش‌ترین طول نرها و ماده‌ها مربوط به فصل بهار بودند. به‌ترتیب کم‌ترین طول نرها و ماده‌ها مربوط به فصل زمستان بود. علاوه بر این اندازه هر جنس میان فصل‌ها اختلاف معنی‌دار داشت ($ANOVA: F=13/68, df=1, p<0/001$) و ($ANOVA: F=54/05, df=1, p<0/001$) برای نرها و ماده‌ها به ترتیب.

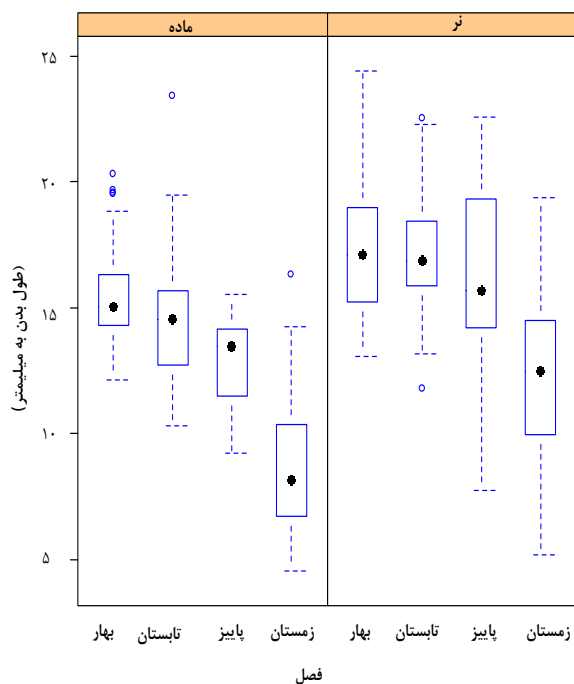
همبستگی و هم‌خطی بین قسمت‌های مختلف بدن گاماروس:

بین طول کل و قسمت‌های بدن گاماروس مانند طول سر، طول پشت و طول دم رابطه هم‌خطی وجود داشت (شکل ۵).

نسبت جنسی: تعداد نر به ماده در فصل‌های مختلف با یکدیگر متفاوت بود. بیش‌ترین مقدار در فصل بهار ($1/39$)، در تابستان (1)، در پاییز ($0/64$) و کم‌ترین در فصل زمستان ($0/31$) مشاهده شد.

مدل رگرسیون چندمتغیره برای طول کل: طول کل بدن با سر و دم و فصل ارتباط داشت. مدل حاصله با استفاده از آزمون Shapiro ($p=0/12$) دارای توزیع نرمال بود.

$Multiple R^2=0.96$, $Adjusted R^2=0.96$, $F=(5/248)=1323$, $p<0/001$

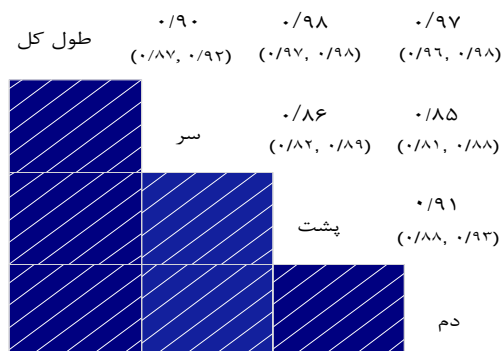


شکل ۴: تغییرات طولی گاماروس‌های نر و ماده در فصول مختلف

تجزیه و تحلیل آماری: تمام تجزیه و تحلیل‌های آماری با

استفاده از نرم‌افزار R انجام شد (۲۲) (R version 4.0.2). یک مدل رگرسیون چند متغیره با استفاده از متغیرهای مستقل طول‌های سر، پشت، دم و فصل به‌همراه متغیر وابسته طول کل در نظر گرفته شد. بین متغیرهای مستقل در این مدل، رابطه هم‌خطی وجود داشت. به‌دلیل وجود رابطه هم‌خطی بین متغیرهای مستقل، عامل تورم واریانس (VIF) در نظر گرفته شد. VIF شاخصی است که مقدار تورم واریانس را در ضرایب یک رگرسیون چندمتغیره (به‌علت وجود هم‌خطی بین متغیرهای مستقل) اندازه‌گیری می‌کند. به‌عنوان یک قاعده سرانگشتی وقتی عامل تورم واریانس بزرگ‌تر از ۵ یا ۱۰ باشد نشان‌دهنده یک همبستگی شدید بین متغیرهای مستقل در مدل می‌باشد. در این حالت آن متغیر مستقلی که دارای بزرگ‌ترین مقدار تورم واریانس است از مدل حذف می‌گردد (۲۳). بعد از حذف عامل هم‌خطی طول پشت ($VIF=7/7$) نهایتاً مدلی با متغیرهای مستقل سر، دم، فصل و متغیر وابسته طول کل به‌دست آمد که تمامی متغیرهای مستقل در این حالت دارای VIF کم‌تر از ۵ شدند. توسط رابطه آزمون Shapiro و ریشه دوم گرفتن از متغیر وابسته (طول کل) مشخص گردید که مدل به‌دست آمده دارای توزیع نرمال است ($p>0/05$). در ارتباط با متغیرهای مستقل طول سر، پشت و دم به‌همراه متغیر وابسته تعداد تخم مدلی با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته استفاده شد. این مدل‌ها که به‌اختصار به glm معروف‌اند برای داده‌هایی که شمارشی‌اند (توزیع پواسن) و یا داده‌هایی که به‌صورت نسبت هستند (داده‌هایی که به‌صورت نسبت هستند مانند نر و ماده) که دارای توزیع دو جمله‌ای هستند بیان می‌گردند. در این‌جا تعداد تخم به‌صورت پواسن در نظر گرفته شد. چون بین متغیرهای مستقل، رابطه هم‌خطی وجود داشت از شاخص عامل تورم واریانس استفاده گردید. متغیر مستقل طول پشت ($VIF=5/4$) از مدل حذف گردید و مدل خطی تعمیم یافته به‌صورت مدلی شامل متغیرهای مستقل سر، دم به‌همراه متغیر وابسته تعداد تخم نتیجه شد. با استفاده از آزمون Shapiro مشخص گردید که مدل حاصله دارای توزیع نرمال است ($p>0/05$). برای شمارش تعداد تخم در ماده‌ها از نمونه ذخیره شده در آزمایشگاه، از یک آکواریوم حاوی ۵۴ گاماروس استفاده شد. هر یک از ماده‌ها به‌طور جداگانه عکس‌برداری گردید و طول قسمت‌های مختلف بدن اندازه‌گیری شدند. با استفاده از library (plotrix) (۲۴) میانگین طول نرها و ماده‌ها و خطای معیار به‌دست آمد. برای به‌دست آوردن عامل تورم واریانس از library (car) (۲۵) استفاده گردید. برای ترسیم نمودارها از library (lattice) (۲۶) و library (corrgram) (۲۷) استفاده شد.

داشتن حیوان امکان این اندازه گیری با دقت بالایی بر روی عکس های حاصله که در حقیقت داده های این مطالعه را تشکیل می داد فراهم شد. در مطالعات انجام شده توسط Kevrekidis و Koukouras بر روی گاماروس آکی کودا (*Gammarus aequicauda*) جانور نر نسبت به ماده اندازه بزرگ تری داشت (۲۸). در مطالعات Prato و Biandolino در ایتالیا بر روی گونه مزبور، نیز میانگین طول بدن جانور نر نسبت به ماده بزرگ تر است (۱۰). این مطالعات با نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر هم خوانی داشت. Mirzajani با مطالعه بر روی *Pontogammarus maeticus* که نوعی دوجور پای دریایی است اختلاف معنی داری بین طول بدن ماده ها و نرها پیدا نکرد ولی در نمونه های جفت نرهای بزرگ تر از ماده ها را مشاهده کرد (۲۹). در مطالعات Gholipour و همکاران، میانگین طول بدن افراد ماده دارای تخم در فصل زمستان حداکثر بوده و هرچه به سمت فصول گرم نزدیک می شویم طول ماده ها کاهش می یابد (۱۱). این در حالی است که نتایج ما نشان می دهد که با پیشرفت فصول سال طول گاماروس های یافت شده در قنات شرقی ایران کاهش می یابد. نسبت های جنسی در فصول مختلف با یکدیگر فرق داشتند. در فصل تابستان نسبت جنسی نر به ماده برابر ۱ بود که نشان دهنده افزایش افراد ماده در این فصل است. با این وجود، ما افزایش یا کاهش این نسبت در فصول مختلف را بر روی تعداد تخم ایجاد شده توسط گاماروس های ماده حساب نکردیم. برای محاسبه تعداد تخم ایجاد شده از یک نمونه (آکواریوم) موجود در آزمایشگاه استفاده شد و تنها فاکتورهای طولی قسمت های مختلف بدن گاماروس ماده اندازه گیری شد. اگرچه تعداد تخم و ماده های بارور در مطالعه حاضر از یک جمعیت تصادفی برگرفته شده است، آنالیز رگرسیون تعداد تخم با فاکتورهای طول سر و طول کل رابطه خطی معنی داری را نشان نداد (در هر دو مدل، در تجزیه و تحلیل واریانس آماره F و p معنی دار نشدند). این نتایج با مطالعات Gholipour و همکاران (۱۱) و نتایج Kevrekidis و Koukouras (۲۸) هم خوانی نداشت. یکی از این دلایل، نوع گونه است که به عنوان مثال این محققین روی گونه *Gammarus aequicauda* کار کرده اند. دلیل دیگر روش آنالیز است که ما با رگرسیون چندمتغیره (مدل خطی تعمیم یافته) و توزیع پواسن برای اندازه گیری تعداد تخم این کار را انجام دادیم. در بسیاری از حوزه های مختلف زیست شناسی (به عنوان مثال، تنوع زیستی)، به طور سنتی، بررسی جایگاه گونه ها براساس فاکتورهای ریخت سنجی انجام شده است (۳۰). با این وجود مطالعات زیادی نشان داده که افراد مربوط به یک تبار و دودمان و یا یک سلسله مراتب تاکسونومیک (به عنوان مثال، یک گونه گاماروس خاص) ممکن است تنوع ژنتیکی زیادی را بسته به جغرافیای زیستی خود نشان دهد. چنین وضعیتی باعث به وجود آمدن تنوع زیستی پنهان یا مخفی می شود. به عنوان مثال Wattier و همکاران، در بررسی یک گونه *Gammarus fossarum* در ۱۹ کشور از اروپا نشان دادند تنوع ژنتیکی در مقیاس محلی و قاره ای چقدر زیاد است (۳۱). شبیه به چنین مطالعه ای در مورد گونه های یکسانی که در چند منطقه از ایران دیده می شود مانند گونه گاماروس در مطالعه حاضر می تواند مفید باشد. مطالعه حاضر با توجه به اندازه گیری قسمت های مختلف بدن و با



شکل ۵: همبستگی بین اندازه کل و قسمت های مختلف بدن گاماروس

جدول ۱: تجزیه و تحلیل مدل رگرسیون چند متغیره برای اندازه گیری طول کل

عرض از مبدأ	برآورد	خطای معیار	آماره t	P
سر	۰/۳۷۱	۰/۰۲۹	۱۲/۹۰۰	<۰/۰۰۱
دم	۰/۲۰۴	۰/۰۰۸	۲۵/۹۷۴	<۰/۰۰۱
بهار	-۰/۰۸۳	۰/۰۲۷	۳/۰۵۲	<۰/۰۰۱
تابستان	-۰/۰۶۳	۰/۰۲۷	-۲/۶۳۱	<۰/۰۰۱
زمستان	-۰/۲۳۳	۰/۰۲۹	-۷/۹۹۱	<۰/۰۰۱

مدل خطی چند متغیره به صورت زیر نتیجه شد:

$$\text{طول بدن} = ۰/۳۷۱ + ۲/۰۸۸ (\text{سر}) + ۰/۲۰۴ (\text{دم}) - ۰/۰۸۳ (\text{بهار}) - ۰/۰۶۳ (\text{تابستان}) - ۰/۲۳۳ (\text{زمستان})$$

جدول ۲: تجزیه و تحلیل مدل تعمیم یافته خطی برای اندازه گیری تعداد تخم

عرض از مبدأ	برآورد	خطای معیار	آماره Z	p
سر	۰/۳۴	۰/۰۹۲	۰/۳۶	۰/۷۱
طول سر	-۲/۲۴۷	۰/۰۹۲	-۲/۴۳۸	۰/۰۱
طول دم	۱/۰۰۹	۰/۲۰۹	۴/۸۳۷	<۰/۰۰۱

(پارامتر پراکندگی برای توزیع پواسن یک در نظر گرفته شد). Null deviance: ۱۵۶/۹۹ روی ۲۱ درجه آزادی، Residual deviance: ۱۳۳/۱۱ روی ۱۹ درجه آزادی

مدل خطی تعمیم یافته به صورت زیر ارائه می گردد:

$$\text{تعداد تخم} = ۰/۳۴ - ۲/۲۴۷ (\text{سر}) + ۱/۰۰۹ (\text{دم})$$

مدل رگرسیون چندمتغیره برای اندازه گیری تعداد تخم:

تعداد تخم با قسمت های مختلف بدن گاماروس (طول سر، طول پشت و طول دم) ارتباط داشت. به علت وجود رابطه هم خطی بین این قسمت ها، آن متغیر مستقلی که دارای بزرگ ترین مقدار تورم واریانس بود از مدل حذف گردید. متغیر مستقل طول پشت ($VIF=5/4$) از مدل حذف گردید و نهایتاً طول سر و طول دم به عنوان متغیرهای مستقل باقی ماندند. مدل خطی تعمیم یافته به صورت مدلی شامل متغیرهای مستقل سر، دم به همراه متغیر وابسته تعداد تخم با توزیع پواسن نتیجه شد که تمامی متغیرهای مستقل (طول سر و طول دم) در این حالت دارای ($VIF=1/5$) شدند. مدل حاصله با استفاده از رابطه آزمون Shapiro دارای توزیع نرمال بود ($p=0/08$).

بحث

یافته های این مطالعه نشان داد که طول نرها نسبت به طول ماده ها بزرگ تر است و فصول مختلف در این اندازه ها مؤثر است. با استفاده از روش های ابداعی ذکر شده، امکان اندازه گیری طول سر، پشت و دم با استفاده از نرم افزار Image J فراهم گردید. بازنده نگاه

12. **Gammarus aequicauda** in Miankaleh gulf-Iran. Iranian Journal of Biology. 24(4): 558-565. (In Persian)
13. **Beracko, P., Sykorová, A. and Stangler, A., 2012.** Life history, secondary production and population dynamics of *Gammarus fossarum* (Koch, 1836) in a constant temperature stream. *Biologia*. 67: 164-171.
14. **Birshutin, Y.A., Vinogradov, L.G., Kondakoff, N.N., Kuhn, M.S., Astakhova, T. and Manova, V.N., 1968.** Atlas of Caspian Invertebrates. Moscow Publications. Translation. Danidalov, L., Iranian Fisheries Science Research Institute. 850 p. (In Persian)
15. **Zamanpoore, M., Grabowsky, M., Pockel, M. and Schiemer, F., 2011.** Taxonomic review of freshwater *Gammarus* from Iran. *Zootaxa*. 3140: 1-14.
16. **Karaman, S., 1934.** Über asiatische Süßwasser gammariden. *Zoologischer Anzeiger*. 106(5-6): 127-134.
17. **Löffler, H., 1956.** Limnologische Beobachtungen an Iranischen Binnengewässern. II. Teil: systematische Beschreibung der Rotatorien und Crustaceen aus den untersuchten Gewässern. *Hydrobiologia*. 8(3-4): 239-278.
18. **Mateus, P.A. and Mateus, E., 1990.** Etude d'une collection d'amphipodes spécialement du sud-ouest asiatique-du Museum d'Histoire Naturelle de Vienne (Autriche). *Annalen des Naturhistorisches Museums in Wien*. 91(B): 273-331. (In Germany)
19. **Stock, J.H., Mirzajani, A.R., Vonk, R., Naderi, S. and Kiabi, B.H., 1998.** Limnic and brackish water *Amphipoda* (Crustacea) from Iran. *Beaufortia*, Museum of Naturalis Biodiversity Center, University of Amsterdam. 48(9): 173-234.
20. **Khalaji-Pirbalouty, V. and Sari, A., 2006.** Description of *Gammarus balutchi* spec. nov. (Amphipoda: Gammaridae) from Iran, based on light and electron microscopy. *Zoologische Medelingen*. 29221(6): 91-100.
21. **Esmaili-Rineh, S., Sari, A., Fiser, C. and Bargrizaneh, Z., 2017.** Completion of molecular taxonomy: description of four amphipod species from Iran and release of database for morphological taxonomy. *Zoologischer Anzeiger*. 271: 57-79.
22. **Moshgani, M. and van Dooren, T.J.M., 2011.** Maternal and paternal contributions to egg size and egg number variation in the blackfin pearl killifish *Austrolebias nigripinnis*. *Evolutionary Ecology*. 25(5): 1179-1195.
23. **Ihaka, R. and Gentleman, R., 1996.** R: A language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*. 5: 299-314.
24. **James, G., Witten, D., Hastie, T. and Tibshirani, R., 2014.** An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R. Springer Publishing Company, Incorporated. 426 p.
25. **Lemon, J., 2006.** Plotrix: a package in the red-light district of R. *R-News*. 6(4): 8-12.
26. **Fox, J. and Weisberg, S., 2019.** An R Companion to Applied Regression. 3th edition. Sage, Thousand Oaks CA. <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>
27. **Sarkar, D., 2008.** Lattice: Multivariate Data Visualization with Springer, R., New York. ISBN 978-0-387-75968-5, <http://lmdvr.r-forge.r-project.org>.
28. **Ferriandly, M., 2002.** Corrgams: Exploratory displays for correlation matrices. *The american statistician*. 56: 316-324.
29. **Kevrekidis, T.H. and Koukouras, A.T.H., 1988.** Life cycle and reproduction of *Gammarus aequicauda* (Crustacea: Amphipoda) in the Evros Delta. *Journal of Zoology*. 35: 137-149.
30. **Mirzajani, A.R., 2003.** A study on the population biology of *Pontogammarus maeoticus* (Sowinsky, 1894) in Bandar Anzali, southwest Caspian Sea. *Zoology in the Middle East*. 30: 61-68.
31. **Adams, M., Raadik, T.A., Burridge, C.P. and Georges, A., 2014.** Global biodiversity assessment and hyper-cryptic species complexes: more than one species of elephant in the room? *Systematic Biology*. 63: 518-533.
32. **Wattier, R., Mamos, T., Copilaş-Ciocianu, D., Jelić, M., Ollivier, A., Chaumot, A., Danger, M., Felten, V., Piscart, C., Žganec, K., Rewicz, T. and Wysocka, A., 2020.** Continental-scale patterns of hyper-cryptic diversity within the freshwater model taxon *Gammarus fossarum*. *Scientific Reports*. 10, Article number: 16536. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73739-0>.

استفاده از نرم افزار Image-J و عکس برداری و از بین نبردن حیوان و اجازه به تولیدمثل، در محیط آزمایشگاه می تواند روش مناسبی برای کار و پژوهش باشد. بنابراین پیشنهاد می گردد شناسایی و رده بندی دقیق این گماروس در شرق ایران (با استفاده از فن های مولکولی و ژنتیکی) که فون آن از دسترس اکثر محققین داخلی و خارجی دور مانده است انجام شود و همچنین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب قنات مانند دما، شوری و pH و ارتباط آن با خصوصیات گونه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر محمدحسین صیادی اناری که در مورد نمونه برداری از گماروس ها کمک های بی دریغی را انجام نمودند تشکر و قدردانی می شود. از سرکار خانم مهندس محمدپور و آقای مهندس یزدانی که در عکس برداری و اندازه گیری طول گماروس ها یاری رساندند تشکر می گردد. همچنین از گروه محیط زیست دانشگاه بیرجند که امکان این مطالعه را فراهم نمودند قدردانی می شود.

منابع

1. **Welborn, G.A. and Thiel, M., 2018.** The Natural History of Crustacea, Life Histories, Volume 5. Edited by GA Welborn and M Thiel. Oxford and New York: Oxford University Press. 456 p.
2. **Hamasaki, K., Sugiyama, A., Jinbo, T. and Murakami, K., 2018.** The influence of male size on competitive mating success in the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* (von Siebold, 1824) (Decapoda: Palinuridae): implications for broodstock management techniques. *Journal of Crustacean Biology*. 38(4): 393-400.
3. **Jinbo, T., Sugiyama, A., Murakami, K. and Hamsaki, K., 2017.** Reproductive potential of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* (Decapoda: Palinuridae) male: implications for broodstock management techniques. *Journal of Crustacean Biology*. 37(4): 458-464.
4. **Fernandez, L., Garcia-Soler, C. and Albores, I., 2021.** Reproductive strategies under different environmental conditions: total output vs investment per egg in the slipper lobster *Scyllarus arctus*. *Journal of the marine biological association of the UK*. 101(1): 131-139.
5. **Sudagar, M., Keivanloo, S. and Baghaei, F., 2012.** Effects of *Gammarus* extracts on food acceptability, growth and survival rate of juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). *Journal of Animal Environment*. 4(1): 13-20. (In Persian)
6. **Harhoğlu, M. and Farhadi, A., 2018.** Importance of *Gammarus* in aquaculture. *Aquaculture International*. 26(6): 1327-1338.
7. **Saeedi, Z., Abdoli, A., Hasan Zadeh Kiabi, B., Bahmanpour, S. and Hamedian, M., 2018.** Study of food habits of three *Neogobius* species in the Central south part of the Caspian Sea, Noshahr. *Journal of Animal Environment*. 9(4): 151-160. (In Persian)
8. **Mirzajani, A.R., Sayadrahim, M. and Sari, A., 2011.** Reproductive Traits of Some Amphipods (Crustacea: Peracarida) in Different Habitats of Iran and Southern Caspian Sea. *International Journal of Zoology*. Article ID 598504, 10 p. <https://doi.org/10.1155/2011/598504>.
9. **Salman, D., Hamzah, H.A. and Ali, M.H., 2018.** On the reproductive biology of talitrid amphipod *Platorchestia monodi* (Mateus et al., 1986) from the Shatt Al-Arab region, Basrah, Iraq. *Iraqi J. Aquacult*. 15(1): 78-102.
10. **Prato, E. and Biandolino, F., 2003.** Seasonal changes in population of the Amphipod *Gammarus aequicauda*. *Mediterranean Marine Science*. 4(10): 49-56.
11. **Gholipour, E., Fathpour, H. and Mirzajani, A.R., 2012.** Seasonal changes in population of the amphipod