دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی شناسی کاربردی"
دوره سوم، شماره چهارم، زمستان ۹۴
http://jair.gonbad.ac.ir

مقایسه کارآمدی روش‌های مختلف تعیین عادت غذایی ماهی قزل‌آلای خال قرمز *Salmo trutta* Linnaeus, 1758 در رودخانه دلیچای (پارک ملی لار، استان تهران)

زهرا عزیزی[۱]، اصغر عبدلی[*۲]، بهرام کیابی[۳]، امیرعباس مشهدی‌احمدی[۴] و کیاوش گلزاریان‌پور[۵]

[۱]دانش‌آموخته بیوسیستماتیک جانوری، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[۲]دانشیار گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[۳]دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[۴]کارشناس اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان تهران، تهران، ایران
[۵]مربی گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد، ایران
تاریخ ارسال: ۹۴/۶/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۸

چکیده

در این مطالعه به‌منظور بررسی رژیم غذایی تابستانی ماهی قزل آلای خال قرمز، ۱۰۱ نمونه ماهی در سال ۱۳۸۸ از رودخانه دلیچای واقع در پارک ملی لار، نمونه‌برداری شد. محتویات گوارشی ماهی‌ها، توسط منتخبی از روش‌ها، شامل آنالیزهای کمی محتویات گوارشی (تعداد، وزن و حضور طعمه)، شاخص‌های غنای گونه‌ای، شانون- وینر و یکنواختی، نمایش گرافیکی کاستلو براساس تعداد و وزن طعمه و همچنین یک نمایش گرافیکی سه بعدی جدید از روش کاستلو، بررسی شدند. براساس بررسی‌های صورت گرفته در پژوهش حاضر به‌طورکلی رژیم غذایی ماهی‌ها عمومی بوده و لارو دوبالان با درصد فراوانی نسبی عددی ۷۳/۷۱ درصد و پوره یک روزه‌ها با درصد فراوانی نسبی عددی ۱۲/۵۴ درصد، بیشترین اهمیت را در رژیم غذایی آن‌ها داشتند. در این بررسی براساس شاخص‌های تنوع، مشخص شد جنسیت تأثیری در رژیم غذایی و استراتژی تغذیه ماهیان قزل‌آلای خال قرمز نداشته، به‌طوری‌که اختلافی میان رژیم غذایی ماهیان نر بالغ و ماهیان ماده بالغ دیده نشد. در مقایسه کارآمدی سه نمایش گرافیکی از روش کاستلو، نمایش گرافیکی جدید به دلیل آن‌که تأثیر وزن و تعداد طعمه خورده شده را به‌طور هم زمان می‌سنجد، نسبت به دو روش دیگر نتایج بهتری ارائه داد.

واژه‌های کلیدی: ***S. trutta*، رژیم غذایی، رودخانه دلیچای، پارک ملی لار**

[*]نویسنده مسئول: asabdoli@yahoo.com

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

مقدمه

شبکه‌های غذایی توصیف کننده مسیرهای حرکت ماده و انرژی در اکوسیستم هستند (Bellmore *et al*., 2013). هنگامی که شبکه غذایی شناخته شد، می‌توان به اهمیت گونه‌های مختلف در متابولیسم جامعه، نقش آن‌ها در پویایی و بازیابی اکوسیستم و درک بهتر از روابط بین گونه‌ها پرداخت (Sánchez-Hernández and Amundsen, 2015; Krebs, 2001). بسیاری از موجودات دارای رژیم غذایی متفاوتی در طول دوره زندگی‌شان هستند و این تغییر رژیم غذایی بر ساختار شبکه غذایی و ارتباطات اکولوژیکی آن موجودات با زیستگاه‌شان تأثیر می‌گذارد (Ramos-Jiliberto *et al*., 2011). بسیاری از مطالعات همواره ناهمگنی قابل توجهی در رژیم غذایی جمعیت‌های آزاد ماهیان را توصیف کرده‌اند. ماهی قزل‌آلای خال قرمز (Brown trout) با نام علمی قدیمی *Salmo trutta fario* گونه‌ای متعلق به خانواده آزاد ماهیان می‌باشد که اخیراً نام علمی آن به *Salmo trutta* تغییر یافته است. این گونه در طول دوره زندگی دارای عادات غذایی متفاوتی می‌باشد (Amundsen *et al*., 2003; Oscoz *et al*., 2006; Sánchez-Hernández and Amundsen, 2015). اکثر مطالعات انجام شده در رژیم غذایی آزاد ماهیان در سطح جمعیت متمرکز شده است که تغییرات گسترده در ترکیب غذایی بین جمعیت‌ها را نشان می‌دهد (Kara and Alp, 2005). این در حالی است که رژیم غذایی درون جمعیت بسیار مهم بوده و به درک بهتر از رژیم غذایی کل جامعه کمک می‌کند (Bellmore *et al*., 2013). از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده رژیم غذایی ماهی قزل‌آلای خال قرمز می‌توان به زیستگاه (Bridcut and Giller, 1993; Knutsen *et al*., 2001)، فصل (Knutsen *et al*., 2001)، در دسترس بودن طعمه (Kara and Alp, 2005)، انتوژنی (Knutsen *et al*. 2001) و جنسیت (Johnsson *et al*. 2001) اشاره کرد. کیفیت و کمیت غذایی که ماهی مصرف کرده در نتیجه ارتباط بین محیط و ماهی بوده و برای درک این ارتباط انجام آنالیزهای محتویات معده ضروری می‌باشد. بررسی محتویات معده روشی استاندارد به منظور مطالعه رژیم غذایی و عادات تغذیه‌ای ماهی‌ها و دیگر مهره‌داران دریایی می‌باشد. از روش‌های مختلفی می‌توان تنوع طعمه و رژیم غذایی را در یک جامعه مطالعه کرد (Macneale *et al*., 2010). دو پارامتری که معمولاً برای بدست آوردن اطلاعات اولیه از رژیم غذایی استفاده می‌شود حضور (Occurrence)، یعنی تعداد شکارچیانی که از طعمه‌ای خاص تغذیه کرده‌اند و فراوانی (عددی یا وزنی)، که توصیف کننده مقدار مصرف هر نوع طعمه نسبت به کل اقلام شکاری است، می‌باشد. تلفیقی از این دو پارامتر در مدلی گرافیکی توسط کاستلو (Costello, 1990) ارائه شد. در این مدل فراوانی می‌تواند براساس تعداد، وزن یا حجم طعمه‌ها محاسبه شود. ما در این مقاله به شرح روشی نوین از نمودار کاستلو که در آن تعداد و وزن طعمه‌ها تواماً در نظرگرفته می‌شود، پرداخته خواهد شد. تاکنون در هیچ یک از مستندات و مقالات فارسی از روش ارائه شده توسط کورتس (Cortes, 1997) استفاده نشده و در

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

اکثریت مطالعات از روش کاستلو که توسط آموندسن و همکاران (Amundsen *et al*., 1996) به روز رسانی شد، استفاده می‌شود (Afshar and Abdoli, 2013; Abdoli *et al*. 2012). علاوه بر موارد ذکر شده، شاخص‌های تنوع برای نشان دادن نیچ غذایی و همچنین تعیین استراتژی غذایی جامعه استفاده می‌شوند (Tokeshi, 1991).

هدف این مقاله، بررسی رژیم غذایی تابستانه ماهی قزل‌آلای خال قرمز رودخانه دلیچای واقع در پارک ملی لار در سال ۱۳۸۸، ارائه روش‌های مناسب و کارآمد جهت بررسی رژیم غذایی موجودات آبزی و مقایسه کارآمدی سه روش گرافیکی کاستلو، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: رودخانه دلیچای با عرض جغرافیایی ″۰۲/۴ ′۵۵ °۳۵ و طول جغرافیایی ″۳۴/۷ ′۵۹ °۵۱ مهم‌ترین رودخانه‌ای است که به‌طور مستقیم در شرقی‌ترین قسمت پارک ملی لار وارد دریاچه سد لار شده و نقش بسزایی در تأمین آب شرب استان تهران ایفا می‌کند. طول این رودخانه ۱۲ کیلومتر، ارتفاع آن از سطح دریا ۲۵۵۰ متر و شیب متوسط بستر ۳ درصد است و در منطقه بی‌کربنات کلسیم جریان دارد (Moshaver Yekom Engineers, 2003).

نمونه‌برداری از رودخانه: برای نمونه‌برداری از رودخانه، دستگاه الکتروشوکر کوله پشتی به‌کار گرفته شد. ماهی‌گیری در طول صد متر از رودخانه در سه ایستگاه انجام گرفت. نمونه‌برداری از بالا دست و پایین دست رودخانه انجام شد.

بیومتری نمونه‌ها: ماهی‌های هر ایستگاه، پس از انتقال به آزمایشگاه ابتدا برچسب‌گذاری و سپس بیومتری شدند. طول کل با دقت ۰/۱ سانتی‌متر و وزن کل با دقت ۰/۱ گرم به‌ترتیب با متر معمولی و ترازوی دیجیتال برای هر نمونه اندازه‌گیری شد. با مشاهده گنادها نمونه‌ها تعیین جنسیت شدند. سپس دستگاه گوارش از بدن ماهی‌ها خارج و پس از وزن شدن با دقت ۰/۱ گرم به بطری‌های پلاستیکی حاوی الکل ۷۰ درصد منتقل شدند.

شناسایی، شمارش و وزن محتویات معده: به دنبال وزن کردن معده‌ها، محتویات هر معده برای شمارش و شناسایی طعمه‌ها به پتری دیش منتقل شده و ارگانیزم‌های غذایی به‌وسیله استریو میکروسکوپ توسط کلیدهای شناسایی (Needham and Needham, 1976; Quiyley, 1977; Tachet *et al*., 1996) تا پایین‌ترین سطح ممکن (خانواده و بالاتر) شناسایی شدند. بعد از شناسایی موجودات غذایی و شمارش آن‌ها، هر گروه به‌طور جداگانه در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه قرار داده شدند و سپس با ترازوی دیجیتال و با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن شدند.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

شاخص غنای گونه‌ای (Species Richness): در مطالعات رژیم غذایی منظور از غنای گونه‌ای، تعداد اقلام شکاری یافت شده در محتویات دستگاه گوارش است. در این مطالعه به جای غنای گونه‌ای از غنای تاکسونی استفاده شد (Koperski, 2010).

شاخص شانون- وینر (Shannon- Wiener Index): از این شاخص به‌منظور ارزیابی پهنای کنج اکولوژیک استفاده می‌شود (Marshall and Elliott, 1997). برای محاسبه این شاخص از معادله زیر استفاده شد.

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

که در آن p_i سهم افراد یافته شده مربوط به گونه i است. در یک نمونه مقدار واقعی p_i مبهم است، اما از نسبت N_i/N برآورد می‌گردد، که N_i تعداد افراد مربوط به گونه i، و N کل تعداد افراد است (Shannon and Wiener, 1963).

شاخص یکنواختی (Evenness Index): محاسبه این شاخص از رابطه زیر صورت می‌گیرد:

$$E = \frac{H}{H_{max}}$$

در این معادله H تنوع گونه‌ای مشاهده شده و H_{max} حداکثر تنوع گونه‌ای است. از این شاخص به‌منظور ارزیابی استراتژی تغذیه ماهی‌ها استفاده می‌شود. بدین ترتیب که اعداد نزدیک به صفر، نشان‌دهنده رژیم غذایی تخصصی و اعداد نزدیک به یک، نشان‌دهنده رژیم غذایی عمومی می‌باشد (Sánchez-Hernández and Cobo, 2012).

نمایش گرافیکی کاستلو: جهت تعیین میزان اهمیت طعمه و استراتژی غذایی از نمودار گرافیکی کاستلو (Costello, 1990) که توسط آموندسن و همکاران (Amundsen *et al*., 1996) اصلاح گردید، استفاده شد. در این نمایش گرافیکی فرکانس حضور از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$F_i = \frac{N_i}{N} * 100$$

در این رابطه N_i تعداد ماهیان حاوی ارگانیزم غذایی i و N تعداد کل ماهیان است. همچنین درصد فراوانی از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

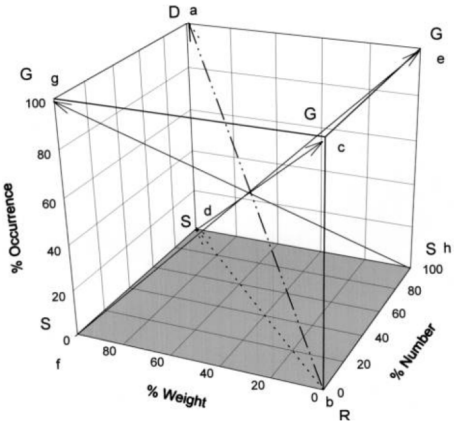
$$P_i = \frac{\sum S_i}{\sum S_{T_i}} * 100$$

در این رابطه S_i میزان طعمه i در محتویات معده (براساس تعداد، حجم یا وزن) بوده و St_i کل محتویات معده شکارچیان دارای طعمه i می‌باشد. به دلیل تأثیر گذاری متفاوت تعداد و وزن، از هر دو روش برای رسم نمودار کاستلو استفاده شد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

نمایش گرافیکی جدید از روش کاستلو: نمایش گرافیکی نوینی توسط کورتس (Cortes, 1997) از روش کاستلو ارائه شد. این روش با استفاده از مقادیر N%، O% و W% یا V% در نموداری سه بعدی، به بررسی رژیم غذایی می‌پردازد. در پژوهش حاضر برای اولین بار در ایران از این روش استفاده شده و شرح کامل این روش آورده شده است. هر نقطه روی نمودار معرف یک تاکسون بوده که با درصد فراوانی نسبی حضور (O%)، درصد فراوانی نسبی براساس تعداد (N%) و درصد فراوانی نسبی براساس وزن یا حجم (W% و V%) آن تاکسون مشخص می‌شود. براساس این روش نقاط نزدیک به N 100%، W 100% و O 100% نشان‌دهنده طعمه غذایی غالب (a در شکل۱) و برعکس نقاط نزدیک به مبدأ سه محور، نشان دهنده طعمه غذایی نادر هستند (b در شکل۱). نقاط نزدیک به محور N% نسبت به محور W% در صفحه افقی، نشان دهنده مشارکت بیش‌تر تعداد نسبت به وزن در میزان فراوانی نسبی حضور می‌باشد و برعکس نقاط نزدیک به محور W% نسبت به محور N% در صفحه افقی، تأثیر بیش‌تر وزن در میزان فراوانی نسبی حضور را نسبت به تعداد نشان می‌دهد. نقاط نزدیک به O 100% و مبدأ دو محور دیگر نشان‌دهنده رژیم غذایی عمومی است (c در شکل ۱). در مقابل، نقاط نزدیک به O 1%، W 100% و N 100% نشان‌دهنده رژیم غذایی تخصصی در تعداد کمی از شکارچیان است (d در شکل۱). نقاط نزدیک به O 100%، N 100% و W 1% بیان‌گر استفاده شکارچیان از غذایی سبک و با تعداد زیاد بوده (e در شکل ۱) و برعکس، نقاط نزدیک به O 1%، W 100% و N 1% یک رژیم تخصصی در تعداد کمی از شکارچیان را نشان می‌دهد که تعداد کمی ارگانیزم غذایی سنگین می‌خورند (f در شکل ۱). نقاط نزدیک به O 100%، W 100% و N 1% نشان می‌دهد که بیش‌تر شکارچیان از تعداد کمی ارگانیزم‌های غذایی که سهم زیادی از وزن کل محتویات معده را شامل می‌شوند، تغذیه می‌کنند (g در شکل۱). نقاط نزدیک به O 1%، W 1% و N 100% نشان دهنده رژیم غذایی تخصصی بوده که در آن تعداد کمی از شکارچیان از تعداد بسیار زیادی ارگانیزم‌های غذایی سبک تغذیه می‌کنند (h در شکل ۱). با اضافه کردن قطرها در این نمایش گرافیکی می‌توان به درک و تجسم بهتری از اهمیت طعمه (غالب یا نادر بودن) و استراتژی شکارگر (تخصصی یا عمومی بودن رژیم غذایی) رسید. بر این اساس، خطی که a و b را در شکل به هم متصل می‌کند نشان دهنده افزایش اهمیت طعمه از b به a و خطوطی که نقاط d به c، f به e و h به g را به هم متصل می‌کند، بیان‌گر تغییر استراتژی غذایی از تخصصی به عمومی است.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]



شکل ۱: نمایش گرافیکی نوینی از روش کاستلو (Cortes, 1997). در این شکل، Number % درصد فراوانی نسبی براساس تعداد، Weight % درصد فراوانی نسبی براساس وزن و Occurrence % درصد فراوانی نسبی حضور می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

آزمون‌های آماری به کار رفته در این پژوهش شامل: آزمون شاپیرو و کالموگروف – اسمیرنوف جهت بررسی تابعیت توزیع داده حالت نرمال؛ آزمون آنالیز واریانس یک طرفه برای داده‌های نرمال و آزمون کروسکال – والیس برای داده‌های غیر نرمال؛ آزمون همبستگی پیرسون برای داده‌های نرمال و آزمون همبستگی اسپیرمن برای داده‌های غیر نرمال بود. آزمون‌های فوق در سطح اطمینان ۰/۰۵ و با استفاده از نرم افزار SPSS-20 اجرا شد و در نهایت برنامه Microsoft Office Excel 2010 جهت ترسیم نمودارهای مربوط به هر یک از متغیرها و همچنین رسم نمودار اصلاح شده کاستلو مورد استفاده قرار گرفت.

شاخص‌های تنوع توسط نرم‌افزار Past 3.0 محاسبه شد. برای رسم نمایش گرافیکی جدید از روش کاستلو از نرم‌افزار MATLAB V.8.10 استفاده شد.

نتایج

از مجموع ۱۰۱ ماهی قزل‌آلای خال قرمز، ۹۷ ماهی تعیین جنسیت شدند. ۴ ماهی به‌دلیل معلوم نبودن جنسیت و بعضاً نبودن طول کل در محاسبات آماری و محاسباتی که نیازمند اطلاعات جنسیت و طول کل بودند، آورده نشدند. در این مطالعه، دستگاه گوارش خالی یافت نشد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

مقایسه میانگین طول کل ماهیان: به‌علت عدم پیروی داده‌های طول کل از توزیع طبیعی (p=۰/۰۰۲، n=۷۶) و نرمال نشدن طول کل از طریق روش‌های انتقال داده، از آزمون ناپارامتریک کروسکال- والیس استفاده شد. نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری بین میانگین طول کل ماهیان نر بالغ با ماهیان ماده بالغ وجود ندارد (p=۰/۹۲۸).

مقایسه سهم طعمه‌های موجود در محتویات گوارشی ماهی قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta*): در مجموع محتویات گوارشی ۱۰۱ ماهی قزل‌آلای خال قرمز بررسی شد. ۱۰۰۸۸ عدد طعمه غذایی تا پایین‌ترین سطح ممکن در ۲۷ گروه غذایی شناسایی شد. خانواده Chironomidae با (۹۴/۰۵ درصد)، شفیره دوبالان با (۸۲/۱۷ درصد)، خانواده‌های Simulidae با ۷۱/۲۸ درصد و Baetidae با ۷۰/۲۹ درصد بیشترین درصد فراوانی نسبی حضور را داشتند (جدول ۱). خانواده Chironomidae با ۵۴/۵۸ درصد، شفیره دوبالان با ۱۹/۱۳ درصد و خانواده Baetidae با ۱۲/۵۴ درصد بیش از ۸۰ درصد فراوانی نسبی (از نظر تعداد) طعمه‌های غذایی را به خود اختصاص دادند (جدول ۱). خانواده‌های Chironomidae با ۳۱/۱۳ درصد، Baetidae با ۱۶/۶۹ درصد، Tipulidae با ۱۴/۱۰درصد و شفیره دوبالان با ۱۱/۹۵ درصد بیش از ۷۰ درصد فراوانی نسبی (از نظر وزن) طعمه‌های غذایی را به خود اختصاص دادند (جدول ۱).

جدول ۱: درصد فراوانی نسبی طعمه غذایی از نظر تعداد (N%)، از نظر وزن (W%) و درصد فراوانی نسبی معده‌های حاوی طعمه غذایی (O%) قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta*) در منطقه مطالعه شده

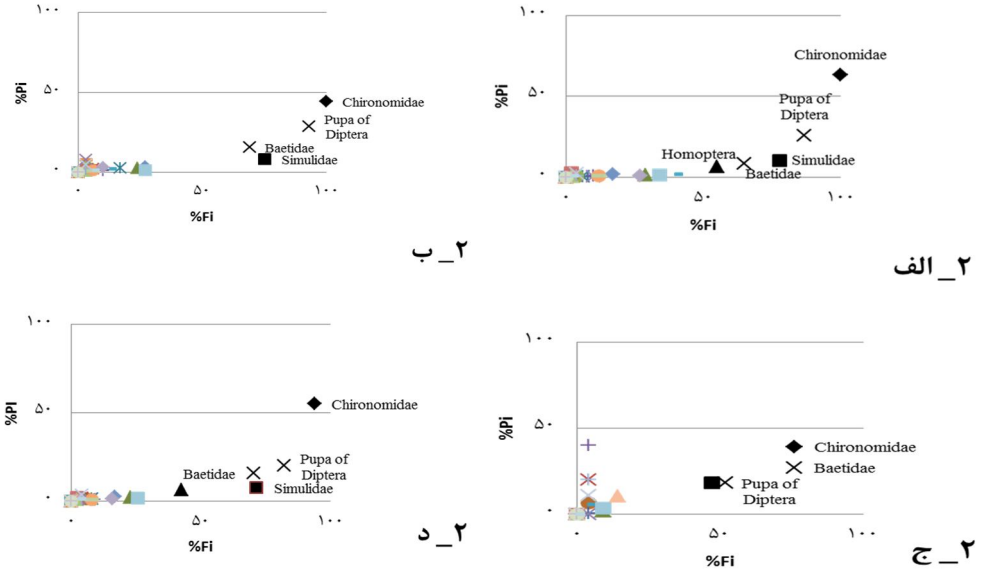
انواع طعمه	%O	%W	%N
Pupa of Diptera	۸۲/۱۷	۱۱/۹۵	۱۹/۱۳
Tipuloidea	۷/۹۲	۰/۲۸	۰/۰۹
Tipulidae	۵/۹۴	۱۴/۱۰	۰/۰۹
Chironomidae	۹۴/۰۵	۳۱/۱۳	۵۴/۵۸
Simulidae	۷۱/۲۸	۶/۸۶	۵/۹۶
Adult Diptera	۲۲/۷۷	۱/۲۱	۰/۵۳
Empididae	۷/۹۲	۰/۱۱	۰/۰۸
Stratiomyiidae	۱/۹۸	۰/۰۸	۰/۰۱
Baetidae	۷۰/۲۹	۱۶/۶۹	۱۲/۵۴
Heptageniidae	۳/۹۶	۰/۳۲	۰/۰۳
Adult Ephemeroptera	۲/۹۷	۲/۷۰	۰/۱۲
Gammaridae	۸/۹۱	۰/۳۱	۰/۱۲
Hymenoptera	۲۳/۷۶	۳/۴۸	۰/۶۵
Dyticidae Adult	۱/۹۸	۰/۴۲	۰/۰۱

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

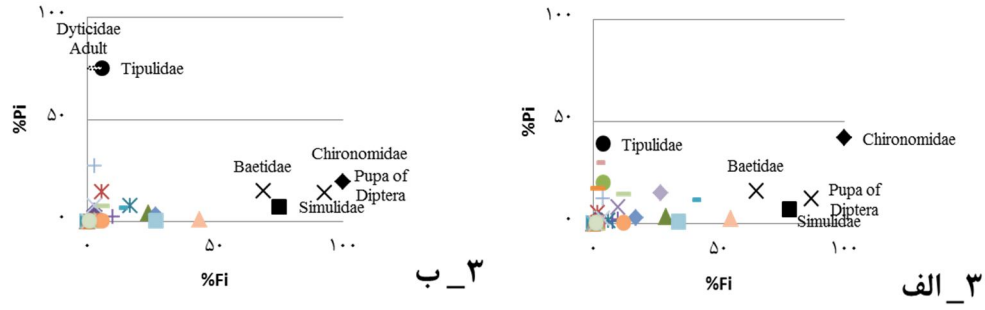
Dyticidae larvae	۱۶/۸۳	۰/۹۴	۰/۵۷
Hydrophilidae larvae	۱/۹۸	۰/۰۱	۰/۰۳
Coleoptera larvae unidentified	۱/۹۸	۰/۰۳	۰/۰۲
Coleoptera Adult unidentified	۶/۹۳	۰/۷۷	۰/۰۶
Elmidae larvae	۷/۹۲	۰/۰۷	۰/۱
Trichoptera larvae unidentified	۳/۹۶	۰/۸۵	۰/۰۴
Hydropsychidae larvae	۰/۹۹	۰/۳۶	۰/۰۱
Homoptera	۴۲/۵۷	۱	۳/۶۷
Nematode	۳/۹۶	۰/۱۸	۰/۰۹
Water spider	۲/۹۷	۰/۰۱	۰/۰۲
Limnephilidae larvae	۷/۹۲	۱/۸۷	۰/۱
Pupa of Trichoptera	۱۵/۸۴	۳/۸۲	۰/۳۲
Hemiptera	۲۵/۷۴	۰/۴۵	۰/۸۲
تعداد دستگاه گوارش بررسی شده		۱۰۱	

نتایج نمایش گرافیکی کاستلو: براساس نمودارهای رسم شده توسط درصد فراوانی نسبی از نظر تعداد، استراتژی تغذیه تمامی ماهیان عمومی بوده و طعمه غالب Chironomidae است. در تمام ماهیان استفاده از Chironomidae تقریبا به صورت تخصصی است (شکل ۲). همچنین براساس نمودارهای رسم شده توسط درصد فراوانی نسبی از نظر وزن، استراتژی تغذیه تمامی ماهیان عمومی بوده و طعمه غالب برای ماهیان نر بالغ، ماهیان ماده بالغ و در حالت کلی (در نظر گرفتن تمام ماهیان باهم) Chironomidae و برای ماهیان نابالغ Baetidae است. تعداد کمی از ماهیان به‌طور اختصاصی از Tipulidae تغذیه می‌کنند (شکل ۳). براساس نمایش گرافیکی جدید از روش کاستلو، استرانژی تغذیه تمامی ماهیان (نربالغ، ماده بالغ و ماهیان نابالغ) عمومی بوده و طعمه غالب تحت تأثیر تعداد برای ماهیان نر بالغ و ماهیان ماده بالغ، Chironomidae است. طعمه غالب برای ماهیان نابالغ تحت تأثیر وزن و تعداد به‌طور هم‌زمان Baetidae است (شکل ۴).

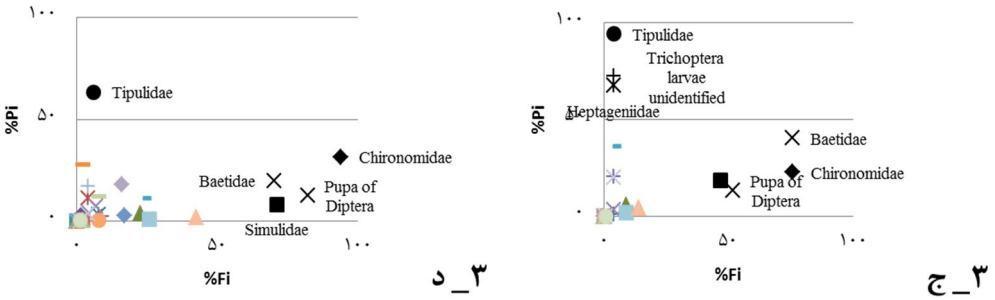
[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]



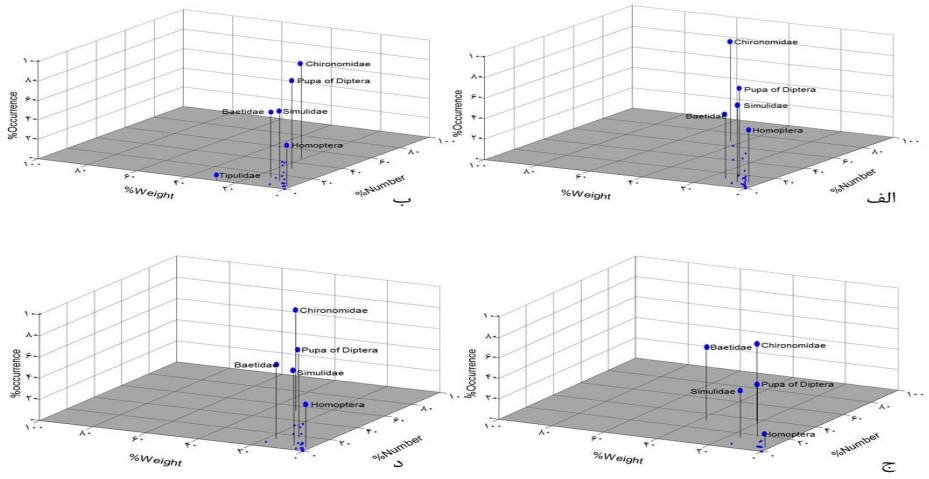
شکل ۲: نمودار کاستلو براساس درصد فراوانی از نظر تعداد ارگانیزم‌های غذایی. الف) نمودار کاستلو ماهیان نر بالغ قزل‌آلای خال قرمز، ب) نمودار کاستلو ماهیان ماده بالغ قزل‌آلای خال قرمز، ج) نمودار کاستلو ماهیان نابالغ قزل‌آلای خال قرمز، د) نمودار کاستلو تمام ماهیان قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta*). Fi%: درصد فراوانی نسبی حضور و Pi% درصد فراوانی نسبی می‌باشد.



[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]



شکل ۳: نمودار کاستلو براساس درصد فراوانی از نظر وزن ارگانیزم‌های غذایی. الف) نمودار کاستلو ماهیان نر بالغ قزل‌آلای خال قرمز، ب) نمودار کاستلو ماهیان ماده بالغ قزل‌آلای خال قرمز، ج) نمودار کاستلو ماهیان نابالغ قزل‌آلای خال قرمز، د) نمودار کاستلو تمام ماهیان قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta*). Fi%: درصد فراوانی نسبی حضور و Pi% درصد فراوانی نسبی می‌باشد.

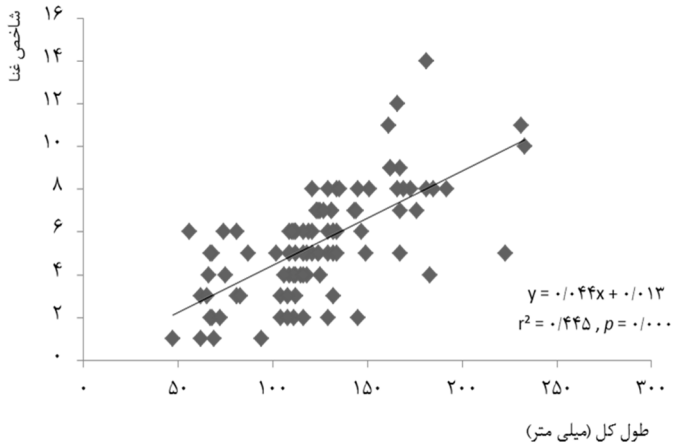


شکل ۴: نمودار گرافیکی جدید از کاستلو، الف) نمودار گرافیکی جدید از کاستلو برای ماهیان نر بالغ قزل‌آلای خال قرمز، ب) نمودار گرافیکی جدید از کاستلو برای ماهیان ماده بالغ قزل‌آلای خال قرمز، ج) نمودار گرافیکی جدید از کاستلو برای ماهیان نابالغ قزل‌آلای خال قرمز، د) نمودار گرافیکی جدید از کاستلو برای تمام ماهیان قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta*). Number% بیانگر درصد فراوانی نسبی از لحاظ تعداد، Weight% بیانگر درصد فراوانی نسبی از لحاظ وزن و Occurrence% بیانگر درصد فراوانی نسبی حضور می‌باشد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

شاخص غنای تاکسون: تفاوت معنی‌داری بین میانگین غنای تاکسونی محتویات گوارشی ماهیان نر بالغ با ماهیان ماده بالغ دیده نشد (p=۰/۵۶۷). میانگین غنای تاکسونی محتویات گوارشی ماهیان نر بالغ با ماهیان نابالغ و همچنین میانگین غنای تاکسونی محتویات گوارشی ماهیان ماده بالغ با ماهیان نابالغ دارای اختلاف معنی دار بودند (p نر و نابالغ =۰، p ماده و نابالغ =۰).

همبستگی طول کل ماهیان و غنای تاکسونی محتویات گوارشی: نتایج ضریب همبستگی اسپیرمن نشان داد که ارتباط مثبت، قوی و معنی‌دار میان طول کل ماهیان و غنای تاکسونی محتویات گوارشی آن‌ها وجود دارد (p= ۰/۰۰۰، n=۹۷، r =۰/۶۸۴). همبستگی طول کل ماهیان و غنای تاکسونی محتویات گوارشی آن‌ها توسط آزمون Simple regression بررسی شد (شکل ۵). نتایج نشان داد که تغییرات غنای تاکسونی محتویات گوارشی به طور معنی‌داری تحت تأثیر تغییرات طول کل قرار دارد (p = ۰/۰۰۰). بررسی دقیق تر منحنی رگرسیون نشان می‌دهد که تقریباً $\frac{2}{5}$ تغییرات غنای تاکسونی در گرو طول کل می‌باشد (r^2 = ۰/۴۴۵).



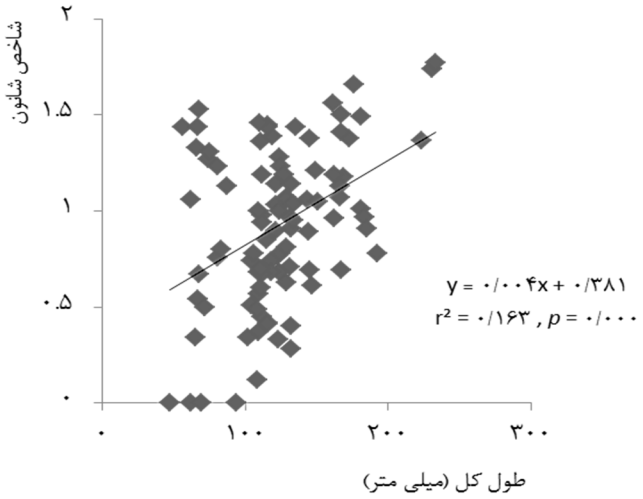
شکل ۵: نمودار همبستگی غنای تاکسون محتویات گوارشی و طول کل ماهیان قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta*).

شاخص شانون–وینر: تفاوت معنی‌داری بین میانگین شاخص شانون محتویات گوارشی ماهیان نر بالغ با ماهیان ماده بالغ دیده نشد (p=۰/۰۷۰). میانگین شاخص شانون محتویات گوارشی ماهیان نر بالغ با ماهیان نابالغ و همچنین میانگین شاخص شانون محتویات گوارشی ماهیان ماده بالغ با ماهیان نابالغ دارای اختلاف معنی‌دار بودند (p نر و نابالغ =۰/۰۲، p ماده و نابالغ = ۰/۰۴۳).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

همبستگی طول کل و شاخص شانون محتویات گوارشی ماهیان: نتایج ضریب همبستگی اسپیرمن نشان داد که ارتباط مثبت، ضعیف و معنی‌دار میان طول کل ماهیان و شاخص شانون محتویات گوارشی وجود دارد (r=۰/۳۵۳ ،n=۹۷ ،p=۰/۰۰۰).

همبستگی طول کل ماهیان و شاخص شانون محتویات گوارشی آن‌ها توسط آزمون Simple regression بررسی شد (شکل ۶). نتایج نشان داد که تغییرات شاخص شانون محتویات گوارشی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تغییرات طول کل قرار دارد (p=۰/۰۰۰). بررسی دقیق‌تر منحنی رگرسیون نشان می‌دهد که تقریباً یک پنجم تغییرات شاخص شانون محتویات گوارشی در گرو طول کل می‌باشد (r^2 = ۰/۱۶۳).



شکل ۶: نمودار همبستگی شاخص شانون محتویات گوارشی و طول کل ماهیان قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta*).

شاخص یکنواختی: تفاوت معنی‌داری بین میانگین شاخص یکنواختی محتویات گوارشی ماهیان نر بالغ، شاخص یکنواختی محتویات گوارشی ماهیان ماده بالغ و شاخص یکنواختی محتویات گوارشی ماهیان نابالغ دیده نشد (p=۰/۰۹).

همبستگی طول کل و شاخص یکنواختی محتویات گوارشی ماهیان: نتایج ضریب همبستگی اسپیرمن نشان داد که ارتباط منفی، بسیار ضعیف و فاقد معنی‌داری میان طول کل ماهیان و شاخص یکنواختی محتویات گوارشی آن‌ها وجود دارد (r = -۰/۰۷۴ ،n = ۹۷ ،p = ۰/۴۷۰).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه عادات غذایی تابستانی ماهیان قزل‌آلای خال قرمز نر بالغ، ماده بالغ و نابالغ رودخانه دلیچای که از حوضه آبریز شمالی رودخانه هراز می‌باشد، صید و بررسی شد. میانگین غنای تاکسون (تعداد انواع طعمه خورده شده) و شاخص شانون (تنوع طعمه‌های خورده شده) در ماهیان نر بالغ و ماده بالغ تفاوتی نداشتند و این نشان دهنده عدم تأثیر جنسیت بر روی رژیم غذایی قزل‌آلای خال قرمز در رودخانه مورد مطالعه این پژوهش است که مطالعات مونتوری و همکاران (Montori *et al*., 2006)، و کارا و آلپ (Kara and Alp, 2005) و رسول و همکاران (Rasool *et al*., 2012) را تائید می‌کند. در عوض وجود همبستگی میان تعداد انواع طعمه خورده شده با طول کل ماهی و همچنین تنوع طعمه‌های خورده شده با طول کل ماهی، حاکی از تأثیر عامل اندازه ماهی به عنوان یکی از عوامل اصلی تنوع رژیم غذایی ماهی قزل‌آلای خال قرمز در رودخانه دلیچای می‌باشد (Montori *et al*., 2006; Fochetti *et al*., 2008; Sánchez-Hernández and Cobbo, 2012; Rasool *et al*., 2012). همبستگی شاخص شانون محتویات گوارشی با طول کل ماهی بیان‌گر این مسأله است که با بزرگ شدن ماهی، کنج اکولوژیکی ماهی افزایش می‌یابد و این نتیجه منطبق بر نتایج مطالعه مونتوری و همکاران (Montori *et al*., 2006)، اوسکوز و همکاران (Oscoz *et al*., 2006) و سانچز- هرناندز و کوبو (Sánchez-Hernández and Cobbo, 2012) می‌باشد. دلیل این اتفاق این است که هرچه ماهی بزرگ‌تر می‌شود سایز دهانش نیز بزرگ‌تر شده و می‌تواند از طعمه‌های بزرگ‌تر که قبلاً نمی-توانسته مصرف کند، تغذیه کند. همچنین با بزرگ‌تر شدن سایز ماهی قدرت ماهی برای شکار طعمه‌ها افزایش می‌یابد. انتخاب طعمه توسط ماهی قزل‌آلای خال قرمز ناشی از ارتباط آسیب‌پذیری ماهی در زمان جستجوی طعمه است. بنابراین ماهی تازه به بلوغ رسیده که قبلاً به‌علت ریسک بالا به سطح آب نمی‌آمده، اکنون می‌تواند به سطح آب بیاید و از طعمه‌های دیگر تغذیه کند (Oscoz *et al*., 2005; Montori *et al*., 2006). نتایج مربوط به شاخص یکنواختی رژیم غذایی ماهی قزل‌آلای خال قرمز نشان داد هیچ اختلاف معنی‌داری میان ماهیان نر بالغ، ماده بالغ و همچنین ماهیان نابالغ وجود ندارد. شاخص یکنواختی محتویات گوارشی بیان‌گر نوع استراتژی تغذیه ماهی است. بر این اساس، استراتژی تغذیه تمام ماهیان مطالعه شده عمومی بوده و این نتیجه منطبق بر نتایج مطالعات جورجنسن و همکاران (Jorgensen *et al*., 2000)، اوسکوز و همکاران (Oscoz *et al*., 2005) می‌باشد. نتایج همبستگی طول کل و شاخص یکنواختی محتویات گوارشی ماهیان نشان دهنده عدم تغییر استراتژی تغذیه ماهیان با افزایش سایز و بزرگ شدن ماهی می‌باشد. هرچند ارتباط منفی به معنای تخصصی‌تر شدن استراتژی تغذیه با افزایش سایز و به عبارتی با افزایش سن ماهی است ولی این ارتباط فاقد معنی بوده و تأییدی بر نتیجه عدم تأثیر جنسیت (نر بالغ، ماده بالغ و نابالغ) در استراتژی تغذیه ماهیان

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

مذکور می‌باشد. نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققین گزارش شده است (Sánchez-Hernández and Cobbo, 2012).

مطالعه محتوای گوارشی ماهیان نشان داد تمام طعمه‌های مصرف شده از بی‌مهرگان می‌باشد. این نتیجه، نتایج مطالعات عراقی (Araghi, 1996)، مدبر و احمدی (Modaber and Ahmadi, 1997)، صلواتیان و همکاران (Salavatian *et al*., 2011)، کارا و آلپ (Kara and Alp, 2005) و مونتوری و همکاران (Montori *et al*., 2006) را تائید می‌کند. به‌طور کلی لارو دوبالان و پوره یک روزه‌ها بیش‌ترین اهمیت را در رژیم غذایی ماهیان مورد مطالعه داشتند که این نتایج با نتایج حاصل از مطالعات عراقی (Araghi, 1996)، صلواتیان و همکاران (Salavatian *et al*., 2011)، مونتوری و همکاران (Montori *et al*., 2006)، رسول و همکاران (Rasool *et al*., 2012) مطابقت دارد.

سه نمایش گرافیکی از روش کاستلو: طبق نتایج حاصل از روش اصلاح شده کاستلو بر اساس تعداد و وزن و همچنین نتایج حاصل از روش نمایش گرافیکی جدید از کاستلو، رژیم غذایی تمام ماهیان مطالعه شده، عمومی است (Oscoz *et al*., 2008; Sánchez-Hernández and Cobo, 2012).

براساس سه روش ذکر شده، طعمه غالب برای ماهیان نر بالغ و ماده بالغ، خانواده Chironomidae می‌باشد که این خانواده در بنتوزهای بررسی شده این رودخانه دارای بیش‌ترین فراوانی است. این نتیجه مطالعات صلواتیان و همکاران (Salavatian *et al*., 2011) روی رژیم غذایی ماهیان قزل‌آلای خال قرمز رودخانه مذکور انجام داده بودند، تائید می‌کند. براساس نمایش گرافیکی جدید از کاستلو، طعمه غالب تمام ماهیان نابالغ، خانواده Baetidae می‌باشد که این نتیجه منطبق بر چندین پژوهش است (Oscoz *et al*., 2000; Oscoz *et al*., 2005). استفاده بیش‌تر ماهیان نابالغ از این طعمه غذایی می‌تواند به دلیل انرژی بیش‌تر به ازای هر عدد از این طعمه غذایی باشد (Penczak *et al*., 1984). چنانچه اسکوز و همکاران (Oscoz *et al*., 2005) با مطالعه روی رژیم غذایی ۴۱ ماهی قزل‌آلای خال قرمز $^{+}$۰ در رودخانه ارو واقع در شمال اسپانیا چنین نتیجه گرفتند که ماهیانی که کم‌تر از ۱۰ سانتی‌متر طول داشتند از Chironomidaeها، Elmidaeها و بی‌مهرگان خشکی تغذیه نمی‌کنند ولی Rhyacophilidae که از بنتوزها می‌باشد را ترجیح می‌دهند و تغذیه ماهیان زیر ۱۰ سانتی‌متر براساس ریسک تغذیه از طعمه و مقدار انرژی طعمه می‌باشد.

در مقایسه کارآمدی سه روش گرافیکی: ۱-روش اصلاح شده کاستلو براساس تعداد طعمه، ۲- روش اصلاح شده کاستلو براساس وزن طعمه، ۳- نمایش گرافیکی جدید از کاستلو، روش سوم نسبت به دو روش اول نتایج را بهتر ارائه می‌دهد زیرا در یک زمان تأثیر وزن و تعداد طعمه خورده شده را با هم می‌سنجد و نتایج برآیند درصد فراوانی نسبی از نظر تعداد و وزن است. با مقایسه روش سوم با دو روش اول به راحتی می‌توان دریافت هر کجا مجموع وزن طعمه به تعداد آن غلبه کرده است، نتیجه نمایش

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

گرافیکی جدید از کاستلو مشابه روش اصلاح شده کاستلو براساس وزن طعمه است (این مورد درباره ماهیان نابالغ صادق است) و در جایی که تعداد طعمه به مجموع وزن طعمه غلبه کرده است نتایج نمایش گرافیکی جدید از کاستلو و روش اصلاح شده کاستلو براساس تعداد طعمه مشابه هم می‌باشد (این مورد درباره ماهیان نر بالغ و ماده بالغ صادق است). در نهایت پیشنهاد می‌شود اگر از نوع و تنوع رژیم غذایی و استراتژی تغذیه موجود مورد مطالعه، اطلاعات کافی در دست نیست، از نمایش گرافیکی جدید از کاستلو استفاده شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از جناب آقای دکتر حیدرزاده و دکتر هومان لیاقتی مسئولین محترم اداره کل حفاظت محیط زیست استان تهران و ریاست پژوهشکده علوم محیطی که در انجام این پژوهش حمایت‌های لازم را انجام داده‌اند و همچنین محیط‌بانان زحمت‌کش پارک ملی لار تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abdoli L., Abdoli A., Kamrani E., Kiabi B. 2012. Study on diet fish *Scartelaos tenuis* (Day, 1876) in Hormozgan province waters. Journal of Aquatic Ecology, 1(4): 43–53. (In Persian).

Afshar T., Abdoli A. 2013. Study on feeding habits of *Periophthalmus waltoni* (Koumans, 1941) in Persian Gulf coast, Hormozgan province. Journal of Aquatic Ecology, 2(1): 42–52. (In Persian).

Amundsen P.A., Bøhn T., Popova O.A., Staldvik F.J., Reshetnikov Y.S., Kashulin N, Lukin A. 2003. Ontogenetic niche shifts and resource partitioning in a subarctic piscivore fish guild. Hydrobiologia, 497:109–119.

Amundsen P.A., Gabler H.M., Staldvik F.J. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data—modification of the Costello (1990) method. Journal of Fish Biology, 48: 607–614.

Araghi A. 1996. Study of feeding behavior of *Salmo trutta fario* in Noor River. Ph.D. Thesis, Tehran University, Tehran. (In Persian).

Bellmore J., Baxter C.V., Martens K., Connolly P.J. 2013. The floodplain food web mosaic: a study of its importance to salmon and steel head with implications for their recovery. USGS Staff – Published Research, 699 P.

Bridcut E.E., Giller P.S. 1993. Diet variability in relation to season and habitat utilization in brown trout (*Salmo trutta* L.) in a southern Irish stream. In: Gibson, R.J., Cutting, R.E. (Eds.), Production of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* in natural waters. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 118: 17–24.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

Cortes E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 54: 726–738.

Costello M.J. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. Journal of Fish Biology, 36: 261–263.

Fochetti R., Argano R., Tierno de Figueroa J.M. 2008. Feeding ecology of various age-classes of brown trout in River Nera, Central Italy. Belgian Journal of Zoology, 138: 128–131.

Johnsson J.I., Sernland E., Blixt M. 2001. Sex-specific aggression and antipredator behavior in young Brown trout. Ethology, 107: 587–599.

Jorgensen L., Halvorsen M., Amundsen P.A. 2000. Resource partitioning between lake dwelling Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Artic charr (*Salvelinus alpinus* (L.). Ecology of Freshwater Fish, 9: 202–209.

Kara C., Alp A. 2005. Feeding habits and diet composition of brown trout (*Salmo trutta*) in the upper streams of River Ceyhan and River Euphrates in Turkey. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29: 417–428.

Knutsen J.A., Knutsen H., Gjosaeter J., Jonsson B. 2001. Food of anadromous brown trout at sea. Journal of Fish Biology, 59: 533- 543.

Koperski P. 2010. Diversity of macrobenthos in lowland streams: Ecological determinants and taxonomic specificity. Journal of Limnology, 69(1): 88-101

Krebs C.J. 2001. Ecology, the Experimental Analysis of Distribution and Abundance, 5th Ed. 816 P.

Macneale K.H., Kiffney P.M., Scholz N.L. 2010. Pesticides, aquatic food webs, and the conservation of Pacific salmon. Frontiers in Ecology and the Environment, 8: 475–482.

Marshall S., Elliott M. 1997. A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter and intraspecific feeding relationships in estuarine fish. Journal of Fish Biology, 51: 526-545.

Modaber V., Ahmadi M. 1997. Study of benthic organisms and comparing the feeding of Brown trout, MSc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran. (In Persian).

Montori A., Tierno De Figueroa J.M., Santos X. 2006. The Diet of the Brown Trout *Salmo trutta* (L.) during the Reproductive Period: Size-Related and Sexual Effects. International Review of Hydrobiology, 91: 438–450.

Moshaver Yekom Engineers. 2003. Study Lar National Park management. Iran's Environmental Protection Organization, No. 9: Hydrobiology. (In Persian).

Needham J., Needham P.R. 1976. A guide to the study of fresh-water biology, Fifth edition, revised and enlarged. Holden-Day INC., San Francisco, 155 P.

Oscoz J., Escala M.C., Campos F. 2000. La alimentación de la trucha común (*Salmo trutta* L., 1758) en un río de Navarra (N. España), Limnetica, 18: 29-35.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

Oscoz J., Leunda P.M., Campos F., Escala M.C., Miranda R. 2005. Diet of 0+ brown trout (*Salmo trutta* L., 1758) from the river Erro (Navarra, north of Spain). Limnetica, 24(3-4): 319-326.

Oscoz J., Leunda P.M., Escala M.C., Miranda R. 2008. Summer feeding relationships of the co-occurring hatchling brown trout *Salmo trutta* and Ebro minnows *Phoxinus bigerri* in an Iberian river. Acta Zoologica Sinica, 54: 675–685.

Oscoz J., Leunda P.M., Miranda R., Escala M.C. 2006. Summer feeding relationships of the co-occurring *Phoxinus phoxinus* and *Gobio lozanoi* (Cyprinidae) in an Iberian river. Folia Zoologica, 55: 418–432.

Penczak T., Kusto E., Kryzanowska D., Molinski M., Suszycka E. 1984. Food consumption and energy transformations by fish populations in two small lowland rivers in Poland. Hydrobiologia, 108: 135-144.

Quiyley M. 1977. Invertebrates of Streams and Rivers. Edward Arnold, 84 P.

Ramos-Jiliberto R., Valdovinos F.S., Arias J., Alcaraz C., García- Berthou E. 2011. A network-based approach to the analysis of ontogenetic diet shifts: An example with an endangered, small-sized fish. Ecological Complexity, 8: 123-129.

Rasool N., Jan U., Shah M. 2012. Feeding habits and diet composition of Brown trout (*Salmo-trutta fario*) in the upper streams of Kashmir Valley. International Journal of Scientific and Research Publications, 2 (12): 1-8.

Salavatian M., Gholiev Z., Aliev A., Abassi K. 2011. Feeding behavior of brown trout, *Salmo trutta fario*, during spawning season in four rivers of Lar National Park, Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences, 9(2): 223-233. (In Persian).

Sánchez-Hernández J., Amundsen P-A. 2015. Trophic ecology of brown trout (*Salmo trutta* L.) in subarctic lakes. Ecology of Freshwater Fish, 24: 148-161.

Sánchez-Hernández J., Cobo F. 2012. Summer differences in behavioural feeding habits and use of feeding habitat among brown trout (Pisces) age classes in a temperate area. Italian Journal of Zoology, 79(3): 468-478.

Shannon C.E., Wiener W. 1963. The mathematical theory of communications, University Illinois, Urbana, 117 P.

Tachet H., Bournaud M., Richoux, P. 1996. Introduction à étude des eaux douces (systématique élémentaire et aperu écologique). Centre Régional de Documentation Pedagogique, de Académic de Lyon, France, 151 P.

Tokeshi M. 1991. Graphical analysis of predator feeding strategy and prey importance. In: Freshwater forum. Vol. 1. Freshwater Biological Association, Ambleside, UK, pp. 179-183.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2025-11-08]