مجلهٔ ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی
دورهٔ ۴، شمارهٔ ۱

# بررسی روند تغییرات مورفومتریک ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با استفاده از روش پردازش تصویر (IPM)

**سجاد پورمظفر*[۱]، احمدرضا جبله[۲]، حسن صفی‌یاری[۳]، عبدالرضا جهان‌بخشی[۴]، حسین رامشی[۱]، سعید تمدنی جهرمی[۵]، محسن گذری[۵]، محمدرضا زاهدی[۵]**

۱- ایستگاه تحقیقات نرم‌تنان خلیج‌فارس، پژوهشکدهٔ اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان، مؤسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرلنگه، ایران
۲- گروه تولید و بهره‌برداری، دانشکدهٔ شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان - گلستان، ایران
۳- گروه ماشین‌آلات کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه شیراز، ایران
۴- مرکز تحقیقات شیلاتی آب‌های دور، مؤسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، چابهار، ایران
۵- پژوهشکدهٔ اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان، مؤسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

* نویسنده مسئول: Sajjad5550@gmail.com

تاریخ دریافت: بهمن‌ماه ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: اسفندماه ۱۳۹۸

**چکیده**

در محیط‌های پرورشی به‌منظور آگاهی از سرنوشت غذایی که به ماهی‌ها داده می‌شود، همچنین بررسی میزان رشد و ضریب تبدیل غذایی باید در طول دورهٔ پرورش نسبت به زیست‌سنجی و کنترل رشد ماهی‌ها اقدام کرد. برای این منظور ابتدا به‌صورت تصادفی ۲۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن تقریبی ۳/۸۱± ۳۱/۴۲ انتخاب شده و به دو گروه A و B تقسیم شدند. ماهیان گروه A با ۱/۵ درصد وزن بدن و ماهیان گروه B با ۲/۴ درصد وزن بدن تغذیه شدند. طول و وزن هریک از ماهی‌ها اندازه‌گیری شد. از نمونه‌ها در اتاقک عکس‌برداری عکس گرفته شد تا محیط، مساحت، ارتفاع و قطر معادل ماهی‌ها در دورهٔ زیست‌سنجی محاسبه گردد. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق حاضر در فاصلهٔ بین دو زیست‌سنجی وزن نهایی، طول متوسط نهایی و ارتفاع نهایی به ترتیب در گروه B ۴/۹۱± ۳۹/۲۶ گرم، ۰/۷± ۱۵/۰۵ سانتی‌متر و ۰/۴۵± ۳/۴۵ سانتی‌متر و در گروه A ۲/۵۹± ۳۶/۰۱ گرم، ۰/۶۲± ۱۴ /۷۷ سانتی‌متر و ۰/۲۶± ۳/۰۶ سانتی‌متر اندازه‌گیری شدند که این مقادیر با افزایش میزان

غذادهی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین مساحت نهایی، محیط نهایی و قطر نهایی با افزایش درصد غذادهی نسبت به وزن بدن افزایش یافت ($P <۰/۰۵$). نتایج نشان داد که باید بر اساس رشد روزانه، غذای موردنیاز برای همهٔ اعمال حیاتی و تأمین رشد مناسب ماهی در اختیار آن قرار گیرد. نتایج همچنین نشان داد استفاده از روش پردازش تصویر به‌منظور تعیین طول ماهی و سایر پارامترهای رشدی دارای دقت کافی و سرعت‌بالا بوده و ازنظر اقتصادی نیز مقرون‌به‌صرفه است.

**واژه‌های کلیدی**: قزل‌آلای رنگین‌کمان، تغییرات مورفومتریک، زیست‌سنجی، پردازش تصویر

**مقدمه**

آبزی‌پروری بخش اساسی و درحال‌رشد نظام‌های کشاورزی و دام‌پروری را در سراسر دنیا تشکیل می‌دهد. افزایش تقاضای برای مصرف ماهی به دلیل رشد سریع جمعیت، درآمد ناشی از این فعالیت و همچنین ارجحیت ماهی بر سایر پروتئین‌های حیوانی و سپس دلایل فرهنگی و بهداشتی (سلامتی)، رشد این صنعت را تسریع کرده است. برای آینده نیاز به توسعهٔ فعالیت‌های آبزی‌پروری و افزایش تولید قابل‌پیش‌بینی خواهند بود.

صنعت آبزی‌پروری باید مؤثر و سودآور و دارای حداقل اثرات زیست‌محیطی باشد. استفاده از غذاها و روش‌های غذادهی مناسب در پایداری، سودآوری آبزی‌پروری مدرن اثرگذار است، زیرا هزینه‌های غذا حدود ۳۰ تا ۷۰ درصد از کل هزینه‌های عملیاتی را شامل می‌شود. علاوه بر این مشخص شده که تغذیه نقش مهمی را در عملکرد سیستم ایمنی و مقاومت در برابر بیماری‌ها ایفا می‌کند. درنتیجه کیفیت غذا و مدیریت تغذیه بسیار حساس و حائز اهمیت است (قاسمی پیربلوطی و همکاران، ۱۳۹۰). ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مهم‌ترین گونهٔ آزادماهیان پرورشی در آب شیرین است. این ماهی تولید اکثر مزارع پرورشی دنیا بوده و تقریباً صد درصد مزارع پرورشی ماهیان سردابی ایران را به خود اختصاص می‌دهد (نفیسی بهابادی، ۱۳۸۵).

در گذشته بررسی‌های مورفومتریکی بر اساس یک سری اندازه‌گیری‌های سنتی حول محور بدن و سر بود. با توجه به محدودیت و ضعف اندازه‌گیری‌های قدیمی، سیستم جدید اندازه‌گیری مورفومتریکی توسط استراس و بوکاستین به نام سیستم پردازش تصویر در تعیین تنوع با استفاده از صفات مورفومتریکی انجام شد (Turan, 1999). این سیستم شامل مجموعهٔ منظمی از فواصل بوده که این فواصل بین یک سری نقاط از پیش طراحی‌شده که به آن‌ها نقاط لند مارک می‌گویند، دورتادور بدن اندازه‌گیری می‌گردد و بدن را به واحدهای کاری تقسیم می‌کند. سیستم پردازش تصویر فاقد ضعف‌ها و معایب روش‌های سنتی ریخت‌سنجی بوده و کل بدن را به‌طور منظم پوشش می‌دهد و برخلاف روش سنتی مدل خوبی از شکل واقعی نمونه‌ها را ایجاد می‌کند (اکبرزاده، ۱۳۸۴). Walker (۱۹۹۷)، توسط نتایج مقایسه آنالیزهای مورفومتریکی به روش پردازش تصویر در ۲۳ قطعه *Amphilophus citrinellus* و ۲۸ قطعه *A. zaliosus* نشان دادند که این روش نسبت به اندازه‌گیری‌های قدیمی‌تر یک روش مؤثر و بهتر جهت آنالیز تفسیر شکل بدن است. Poulet و همکاران (۲۰۰۴)، ضمن استفاده از روش پردازش تصویر با بررسی جمعیت‌های ماهی سوف (*Sander lucioperca*) در رودخانه رن در فرانسه توانستند جدایی جمعیت‌ها و همچنین تأثیر سدهای مصنوعی بر جمعیت این ماهیان را نشان دهند. Bagherian و Rahmani (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ای با استفاده از پردازش تصویر به بررسی جمعیت‌های شاه‌کولی (*Chalcalburnus chalcoides*)، در رودخانه‌های هراز و شیرود، در ۶۶ قطعه ماهی (۳۱ قطعه از رودخانه هراز و ۳۵ قطعه از شیرود) پرداختند و قادر گشتند که این دو جمعیت را از یکدیگر تفکیک نمایند. با توجه به اهمیت مطالب ذکرشده، مطالعهٔ حاضر به استفاده از روش پردازش تصویر به‌منظور بررسی روند تغییرات فیزیکی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در طول دورهٔ پرورش می‌پردازد.

**مواد و روش‌ها**

کلیهٔ مراحل نمونه‌برداری و عکس‌برداری این پژوهش در دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج‌فارس بوشهر در سال ۱۳۹۱ انجام پذیرفت. برای انجام این تحقیق ۲۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان رقم‌بندی شده با وزن متوسط ۳/۸۱± ۳۱/۴۲ گرم و طول متوسط ۰/۵۵± ۱۴/۰۳ سانتی‌متر، از مزارع پرورشی استان اصفهان تهیه و به محل انجام پروژه انتقال داده شدند. پس از انجام شرایط سازگاری به دما و شرایط محیطی و جهت انجام زیست‌سنجی به‌منظور کاهش استرس ناشی از جست‌وخیز کردن ماهی، داروی بیهوشی عصارهٔ گل میخک با غلظت ۲۰۰-۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد (مهرابی، ۱۳۸۱). طول ماهیان با استفاده از تختهٔ زیست‌سنجی و وزن هر ماهی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. جیرهٔ غذایی به‌صورت اکسترودر با علامت اختصاری (EX-TG1) از شرکت تعاونی ۲۱ بیضاء خریداری و مورد استفاده قرار گرفت. از متوسط ترکیبات غذایی، شامل پروتئین خام ۴۵ درصد، چربی خام ۱۴ درصد، فیبر خام ۲ درصد، رطوبت ۱۰ درصد و قطر خوراک ۲/۴- ۲/۲ میلی‌متر استفاده شد. ماهیان گروه A، ۱/۵ درصد وزن بدن (معادل ۴/۶۹ گرم) و گروه B تا ۲/۴ درصد وزن بدن (معادل ۷/۵۷ گرم) تغذیه شدند. غذادهی در دو نوبت صبح و عصر انجام پذیرفت.

**عکس‌برداری:** برای تهیهٔ عکس‌ها از اتاقک نورپردازی با تابش غیرمستقیم که اصطلاحاً آسمان ابری نامیده می‌شود استفاده گردید (شکل ۱). این اتاقک از یک گنبد به قطر ۹۰ سانتی‌متر با سطح داخلی صیقلی و سفیدرنگ تشکیل شده که نمونه‌های مورد عکس‌برداری در زیر آن قرار می‌گیرند. در این نورپردازی، لامپ‌ها در محیط اطراف سکوی عکس‌برداری قرار گرفته‌اند به شکلی که نور مستقیم از لامپ‌ها به نمونه نمی‌رسد. پرتوی لامپ‌ها پس از برخورد به سطح داخلی گنبد منعکس شده و بر روی نمونه تابیده می‌شوند. ازآنجاکه پرتوهای بازتابش شده از همه طرف بر روی نمونه تابیده می‌شوند، هیچ سایه‌ای در اطراف نمونه تشکیل نمی‌شود. این نحوهٔ نورپردازی به‌طور خاص برای پردازش شکل نمونه‌ها ضروری است.

اثر فلیکر لامپ‌های فلورسنت موجب می‌شود که بسته به زمان بسته شدن شاتر دوربین، تغییرات زیادی در شدت سطوح خاکستری تصاویر ایجاد شود. تغییر شدت نور تأثیر زیادی بر دیگر مؤلفه‌های تصویر مانند مؤلفه‌های بافت تصاویر دارد. به همین دلیل شدت نور فضای عکس‌برداری بایستی تا حد امکان ثابت و در یک مقدار کنترل‌شده برای کلیه عکس‌ها نگه‌داشته شود. برای حصول این هدف فضای عکس‌برداری با فضای بیرون در ارتباط نبوده و دیگر اینکه از لامپ‌های هالوژن با منبع تغذیهٔ جریان مستقیم استفاده شد که نور پیوسته تولید می‌کنند. جهت اخذ تصاویر رنگی از دوربین دیجیتال مدل Canon IXUS 960IS استفاده شد که در ارتفاع ۴۵ سانتی‌متری در بالای نمونه‌های مورد آزمایش قرار داده شد (شکل ۱). تصاویر دیجیتال اخذشده از ماهی‌ها که با وضوح ۱۲ مگا پیکسل (۳۰۰۰×۴۰۰۰ پیکسل) تهیه شده بود جهت پردازش توسط نرم‌افزار MATLAB، به کامپیوتر انتقال داده شد.

**صفات مورد ارزیابی:** طول و وزن متوسط، میزان رشد روزانه، ضریب رشد ویژه، راندمان تبدیل غذایی و ضریب تبدیل غذایی ازجمله مهم‌ترین فاکتورهایی بودند که در فاصلهٔ بین دو زیست‌سنجی به‌طور دستی مورد بررسی قرار گرفتند:

تعداد ماهی‌ها / وزن کل ماهی‌ها= وزن متوسط

تعداد ماهی‌ها / جمع کل طول ماهی‌ها= طول متوسط

تعداد روزهای پرورش/ افزایش وزن متوسط ماهی‌ها= میزان رشد یا افزایش وزن روزانه

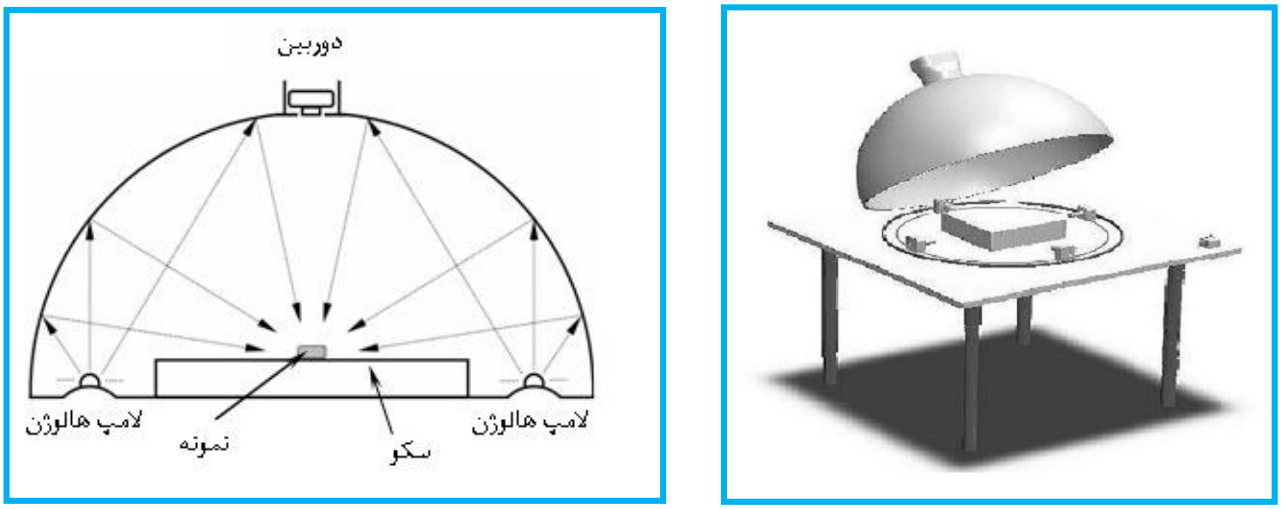
۱۰۰×[تعداد روزهای پرورش / (لگاریتم طبیعی وزن اولیه - لگاریتم طبیعی وزن نهایی)]= ضریب رشد ویژه

افزایش وزن تودهٔ زنده / مقدار غذای مصرفی = ضریب تبدیل غذایی

۱۰۰×[مقدار غذای مصرفی / افزایش وزن تودهٔ زنده] = راندمان تبدیل غذایی

همچنین برنامهٔ طراحی‌شده ۶ ویژگی مختلف را از تصاویر استخراج می‌نمود. این خصوصیات عبارت بودند از:

طول ماهی (Length)، ارتفاع ماهی (Height)، مساحت ماهی (Surface Area)، محیط ماهی (Perimeter)، قطر معادل (Equivalent Diameter).




الف ب

شکل ۱. الف: سکوی عکس‌برداری ب: اتاقک نورپردازی و عکس‌برداری از ماهی‌ها

برای محاسبهٔ مساحت نمونه‌ها، تصویر سیاه‌وسفید فراخوانی شده و با شمارش تعداد پیکسل‌هایی که دارای مقدار سیاه‌وسفید معادل یک بودند، مقدار مساحت محاسبه شد. محیط در یک تصویر سیاه‌وسفید برابر با مجموعه پیکسل‌هایی است که در مرزهای هر ناحیه وجود دارد. طبق تعریف، قطر معادل یا قطر مساحت یک شکل برابر با قطر دایره‌ای است که مساحتی برابر با مساحت شکل موردنظر دارد؛ بنابراین قطر معادل نمونه‌ها با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه گردید (۸):

$$\text{Equivalent Diameter} = \sqrt{\frac{4 \times \text{Surface Area}}{\pi}}$$

## یافته‌ها

نتایج شاخص‌های رشد در یک دورهٔ زیست‌سنجی (۱۵ روزه) اندازه‌گیری و در جدول ۱ ثبت گردید. بر همین اساس وزن نهایی ۴/۹۱± ۳۹/۲۶ گرم مربوط به گروه B و ۲/۵۹± ۳۶/۰۱ گرم مربوط به گروه A اندازه‌گیری شدند. طول متوسط نهایی ۰/۴۲± ۱۴/۷۷ سانتی‌متر مربوط به گروه A و ۰/۷± ۱۵/۰۵ مربوط به گروه B محاسبه شدند. ضریب رشد ویژهٔ ۰/۶۴۲۵ درصد مربوط به گروه B و ۰/۳۹۲۵ درصد مربوط به گروه A به دست آمدند.

میزان رشد روزانه ۰/۵۲± ۰/۷۷ گرم مربوط به گروه B و ۰/۰۲±۰/۳۹ مربوط به گروه A اندازه‌گیری شدند. عرض ثانویه ۰/۴۵± ۳/۴۵ سانتی‌متر در گروه B و ۰/۲۶± ۳/۰۶ سانتی‌متر در گروه A محاسبه گردیدند. مساحت نهایی ۱/۹۶± ۲۶/۵۶ در گروه B و ۲/۵۶± ۲۴/۵۶ در گروه A ثبت شدند. محیط ثانویه ۵/۰۱± ۴۶/۹۸ در گروه B و ۵/۸۳± ۴۴/۵۷ در گروه A به دست آمدند. قطر معادل نهایی ۰/۴۶± ۶/۰۷۷ در گروه B و ۰/۳۲± ۵/۶۸ مربوط به گروه A ثبت گردیدند. ضرایب تبدیل غذایی ۰/۰۷ ± ۱/۱۷ در گروه B و ۰/۰۵± ۱/۲ مربوط به گروه A محاسبه شدند.

بر اساس نتایج حاصل از تحقیق حاضر در فاصلهٔ بین دو زیست‌سنجی وزن نهایی، طول متوسط نهایی و ارتفاع نهایی با افزایش درصد غذادهی افزایش داشتند. همچنین مساحت نهایی، محیط نهایی و قطر نهایی با افزایش درصد غذادهی نسبت به وزن بدن افزایش یافت ($P < ۰/۰۵$).

جدول ۱. نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در فاصلهٔ دو زیست‌سنجی

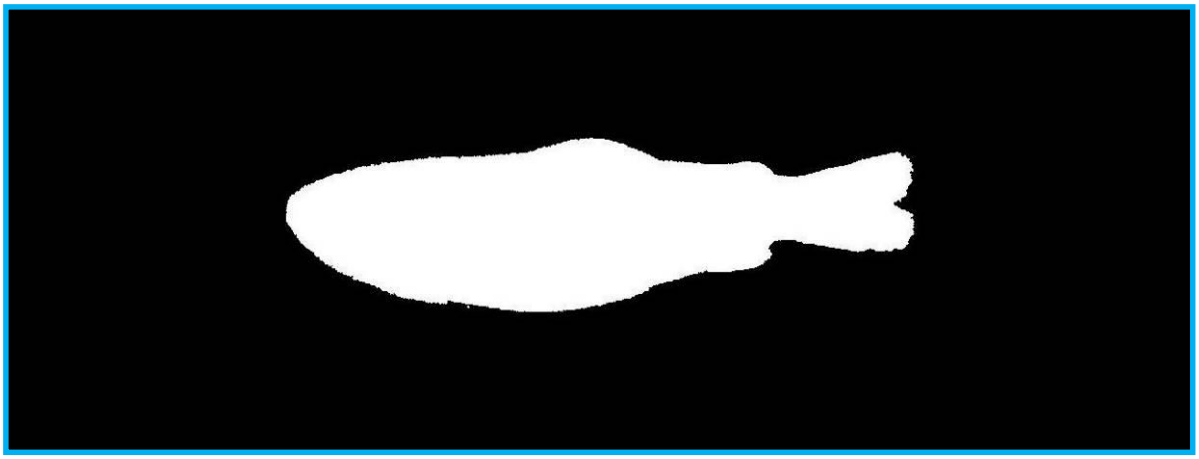
| درصد غذادهی<br>شاخص‌های رشد | A (۱/۵ درصد وزن بدن) | B (۲/۴ درصد وزن بدن) |
|---|---|---|
| وزن اولیه (گرم)<br>وزن ثانویه | ۳۱/۳ ±۲/۷۲$^{a}$<br>۳۶/۰۱ ±۲/۵۹$^{a}$ | ۳۱/۵۵ ± ۴/۹۱ $^{a}$<br>۳۹/۲۶ ±۴/۹۱$^{b}$ |
| طول متوسط اولیه (سانتی‌متر)<br>طول متوسط ثانویه (سانتی‌متر) | ۱۴/۰۶ ±۰/۴۲$^{a}$<br>۱۴/۷۷ ±۰/۶۲$^{a}$ | ۱۴/۱ ±۰/۶۸$^{a}$<br>۱۵/۰۵ ±۰/۷$^{b}$ |
| عرض اولیه (سانتی‌متر)<br>عرض ثانویه (سانتی‌متر) | ۲/۷۲ ± ۰/۱۲ $^{a}$<br>۳/۰۶ ±۰/۲۶$^{a}$ | ۲/۸۱ ±۰/۱۸ $^{a}$<br>۳/۴۵ ±۰/۴۵$^{b}$ |
| مساحت اولیه<br>مساحت ثانویه | ۲۳/۶۲ ±۲/۲۶$^{a}$<br>۲۴/۵۶ ±۲/۵۶$^{a}$ | ۲۳/۵۷ ±۲/۵۰$^{a}$<br>۲۶/۵۶ ±۱/۹۶$^{a}$ |
| محیط اولیه<br>محیط ثانویه | ۴۱/۳۲ ±۵/۸۵$^{a}$<br>۴۴/۵۷ ±۵/۸۳$^{a}$ | ۴۱/۳۵ ±۵/۶۰$^{a}$<br>۴۶/۹۸ ±۵/۰۱$^{b}$ |
| قطر معادل اولیه<br>قطر معادل ثانویه | ۵/۴۷ ±۰/۲۶ $^{a}$<br>۵/۶۸ ±۰/۳۲ $^{a}$ | ۵/۵۷ ±۰/۳۷ $^{a}$<br>۶/۰۷۷ ±۰/۴۶ $^{b}$ |
| ضریب رشد ویژه (٪)<br>میزان رشد روزانه (گرم) | ۱/۰۱ ±۰/۰۷ $^{a}$<br>۰/۳۹ ± ۰/۰۲$^{a}$ | ۲/۱ ±۰/۰۸۵ $^{b}$<br>۰/۷۷ ±۰/۵۲$^{b}$ |
| راندمان تبدیل غذایی (٪)<br>ضریب تبدیل غذایی | ۸۳/۳$^{a}$<br>۱/۲ ±۰/۰۵ $^{a}$ | ۸۴/۸۰ $^{a}$<br>۱/۱۷ ± ۰/۰۷$^{a}$ |

در پردازش تصویر اولین قدم در استخراج داده‌های موردنظر در هر پروژه ماشین بینایی، آنالیز تصاویر است. عملیات گوناگونی در این مرحله انجام می‌شود که به تصویر، ویژگی‌های آن و همچنین به داده‌هایی که برای استخراج از آن تصویر مدنظر است، بستگی دارد. تصاویر ورودی در نرم‌افزار MATLAB در ابتدا به‌صورت رنگی (RGB) بودند (شکل ۲ الف) که برای استخراج خصوصیات شکل می‌بایست، ابتدا جداسازی شیء موردنظر (ماهی)، از زمینه انجام می‌گرفت. بدین منظور با آستانه‌گذاری بر روی مؤلفهٔ آبی (B) تصاویر، ماهی از زمینهٔ آبی‌رنگ جدا گردید.

نتایج مطالعات اولیه نشان داد که تقابل رنگ ماهی با رنگ آبی بیش از دو رنگ اصلی دیگر است و لذا رنگ زمینهٔ آبی انتخاب شد. نتیجهٔ عمل جداسازی ماهی از زمینه، تصاویر باینری به شکل صفر و یک بود (شکل ۲ ب) که به ترتیب منسوب به زمینه و ماهی است؛ بنابراین پس از جداسازی، ماهی به رنگ سفید و زمینه به رنگ سیاه نمایان گردید. تصاویر قبل از آنالیز شدن پیش‌پردازش شدند تا نویز از تصویر حذف شده و کنتراست افزایش یابد.

امروزه با توسعهٔ سریع فن‌آوری پردازش رایانه‌ای و ایجاد نرم‌افزارهای مربوطه، از مزایای فن‌آوری هوش مصنوعی برای حل مسائل مربوط به مدل‌سازی سیستم‌ها و پیش‌بینی فرآیندها استفاده می‌شود. تاکنون تحقیقاتی در زمینهٔ پردازش تصویر در ارتباط با آبزیان و به‌خصوص ماهی صورت گرفته است. Zion و همکاران (۱۹۹۹)، الگوریتم پردازش تصویر را جهت تفکیک ۳ گونه ماهی گسترش دادند. از هرکدام از گونه‌ها در شرایط مختلف نوری و در زوایای مختلف در محفظهٔ روشنایی عکس‌برداری شد. در این تحقیق جداسازی گونه‌ها با دقت بالای ۸۰ درصد انجام شد.

(الف)



(ب)

شکل ۲. تصویر اصلی رنگی (الف)، تصویر باینری (ب)

White و همکاران (۲۰۰۶)، مکانیزمی را جهت تشخیص اتوماتیک ۷ گونه ماهی برحسب گونه و طول به کمک ماشین بینایی پیشنهاد دادند. الگوریتم پردازش تصویر آن‌ها قادر به تشخیص مقدار چرخش ماهی به کمک روش گشتاور ثابت بود. همچنین

این الگوریتم قادر به تشخیص گونه‌های مختلف تخت و پهن ماهی با دقت ۱۰۰ درصد و تشخیص طول ماهی با انحراف معیار ۱/۲ میلی‌متر بود. یکی از راه‌های تشخیص سن ماهی‌ها توجه به اتولیت است گرچه عوامل مختلفی روی شکل و رنگ اتولیت مؤثرند. Bermejio و همکاران (۲۰۰۷)، از تکنیک پردازش تصویر جهت تشخیص سن ماهی استفاده نمودند. آنان موفق به دسته‌بندی ماهی‌ها برحسب سن به کمک تصویربرداری از اتولیت شدند. Louka و همکاران (۲۰۰۴)، با استفاده از پردازش تصویر، فرایندهای مختلف خشک‌کردن ماهی را مورد مقایسه قرار دادند. آن‌ها از مقادیر میانگین و انحراف معیار مقادیر رنگی در فضای رنگی L*a*b و آنالیز تشخیصی برای مقایسه استفاده کردند. آن‌ها همچنین اختلاف مشخصه‌های رنگی را تنها راه جداسازی آماری (توسط آنالیز واریانس) نمونه‌ها بر اساس تکنیک خشک‌کردن معرفی کرده و این روش را در مقایسه با آنالیز حسی روشی قابل‌اطمینان و مؤثر اعلام نمودند.

در حال حاضر با توجه به اینکه استفاده از روش پردازش تصویر به‌منظور تعیین طول ماهی و سایر پارامترهای رشدی دارای دقت کافی و سرعت پردازش بالا بوده، ازنظر اقتصادی نیز مقرون‌به‌صرفه است. در مطالعهٔ حاضر نتایج مطلوب نشان‌دهندهٔ اهمیت استفاده از این روش در زیست‌سنجی ماهیان در طی دورهٔ پرورش است. محاسبهٔ دقیق مقدار غذای موردنیاز در پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از اهمیت زیادی برخوردار است. مصرف کم غذا باعث کاهش میزان تولید و ضرر و زیان اقتصادی و مصرف بیش‌ازاندازه غذا باعث به هدر رفتن مقدار زیادی غذا می‌گردد که علاوه بر زیان اقتصادی به آلودگی آب محیط پرورش نیز منجر خواهد شد. در زیست‌سنجی‌هایی که هر دو هفته یک‌بار انجام می‌گیرد، چنانچه ضریب تبدیل غذایی و رشد مناسب باشد و ماهی به‌اندازهٔ کافی نسبت به غذای مصرفی اشتها نشان دهد، باید نسبت به افزایش درصد غذادهی اقدام و در صورت بروز مسائلی همچون آلودگی و تغییر عوامل فیزیکی و شیمیایی آب خارج از محدودهٔ رشد قزل‌آلا، باید نسبت به کاهش و یا قطع غذادهی اقدام نمود. نتایج نشان داده است که باید بر اساس رشد روزانه، غذای موردنیاز برای همه اعمال حیاتی و تأمین رشد مناسب ماهی در اختیار آن قرار گیرد با توجه به نتایج مطالعهٔ حاضر برای آگاهی از سرنوشت غذایی که به ماهی‌ها داده می‌شود، همچنین بررسی میزان رشد و ضریب تبدیل غذایی باید در طول دوره پرورش نسبت به زیست‌سنجی و کنترل رشد ماهی‌ها اقدام کرد. فاصله بین دو زیست‌سنجی ۱۵ روز یک‌بار بوده که در این روزها ماهی رشد داشته و همه‌روزه به وزنش افزوده می‌شود.

## توصیهٔ ترویجی

استفاده از روش پردازش تصویر به‌منظور برآورد وزن ماهی روشی ساده با خطای پایین و مقرون‌به‌صرفه است. همچنین استفاده از یک سیستم دقیق و الگوریتم مناسب در زمان زیست‌سنجی منجر به کاهش هزینه‌ها و اتلاف وقت می‌گردد. این روش می‌تواند مبنای روش اندازه‌گیری طول و وزن ماهی در کارگاه‌های فرآوری قرار گیرد.

## منابع


۱- اکبرزاده، ا.، ۱۳۸۴. بررسی مقایسه‌ای خصوصیات ریخت‌سنجی، شمارشی و برخی از ویژگی‌های زیست‌شناسی ماهی سوف در سواحل جنوبی دریای خزر و دریاچهٔ سد ارس، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد دانشکدهٔ منابع طبیعی کرج، ۱۱۳ صفحه.

۲- قاسمی پیربلوطی، ع.، پیر علی، ا.، پیشکار، غ.، جلالی، م. ع.، رئیسی، م.، جعفریان دهکردی، م. و حامدی، ب.، ۱۳۹۰. اثر اسانس چند گیاه دارویی بر سیستم ایمنی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). فصلنامهٔ گیاهان دارویی، سال ۲، شمارهٔ ۲، صفحات ۱۵۵- ۱۴۹.

۳- مهرابی، ی.، ۱۳۸۱. بیهوشی و روش عمل تکثیر دو بار در سال ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). انتشارات اصلانی، ۱۰۰ صفحه.

۴- نفیسی بهابادی، م.، ۱۳۸۵. راهنمای عملی تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). انتشارات دانشگاه خلیج‌فارس بوشهر، ۲۸۲ صفحه.

5- Bagherian, A. and Rahmani, H., 2009. Morphological discrimination between two populations of shemaya, Chalcalburnus chalcoides (Actinopterygii, Cyprinidae), using a truss network. *Animal Biodiversity and Conservation*, *32*(1), pp.1-8.
6- Louka, N., Juhel, F., Fazilleau, V. and Loonis, P., 2004. A novel colorimetry analysis used to compare different drying fish processes. *Food control*, *15*(5), pp.327-334
7- Poulet, N., Berrebi, P., Crivelli, A.J., Lek, S. and Argillier, C., 2004. Genetic and morphometric variations in the pikeperch (*Sander lucioperca* L.) of a fragmented delta. *Archiv für Hydrobiologie*, *159*(4), pp.531-554.
8- Turan, C., 1999. A note on the examination of morphometric differentiation among fish populations: the truss system. *Turkish Journal of Zoology*, *23*(3), pp.259-264.
9- Walker, J.A., 1997. Ecological morphology of lacustrine threespine stickleback Gasterosteus aculeatus L.(Gasterosteidae) body shape. *Biological Journal of the Linnean Society*, *61*(1), pp.3-50.
10- White, D.J., Svellingen, C. and Strachan, N.J., 2006. Automated measurement of species and length of fish by computer vision. *Fisheries Research*, *80*(2-3), pp.203-210.
11- Zion, B., Shklyar, A. and Karplus, I., 1999. Sorting fish by computer vision. *Computers and electronics in agriculture*, *23*(3), pp.175-187.