

تخمین تراکم ماهی قزل آلا در استخر پرورش با استفاده از

فناوری پردازش تصویر

- ❖ **جواد ذبیحی:** دانشجوی کارشناسی ارشد بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
- ❖ **سیدمهدی نصیری*:** استادیار بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
- ❖ **عبدالعباس جعفری:** استادیار بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

چکیده

ماهی یکی از منابع مهم پروتئین حیوانی است که نقش مهمی در تأمین غذای سالم برای افراد جامعه دارد. برای تأمین این منبع مفید، پرورش ماهی در استخرها توسعه داده شده است. با توجه به اینکه هزینه تغذیه ماهی در حدود ۵۷٪ کل هزینه پرورش آن را شامل می‌شود، پرورش دهندگان ماهی به تعیین دقیق توده زنده ماهی‌ها در زمان‌های مورد نیاز برای تغذیه آنها تمایل دارند. هم‌اکنون تشخیص وزن و تراکم توده زنده ماهی‌ها به صورت آماری صورت می‌گیرد که با خطایی حدود ۱۵ تا ۲۵ درصد همراه است. بنابراین، روشی جدید برای تعیین تراکم توده زنده درون استخر به کمک پردازش تصویر در این مطالعه پیشنهاد می‌شود. بر همین اساس، سازه‌ای برای استقرار دوربین روی استخر نصب شد و در ۶ مرحله از فصل رشد از تراکم‌های مختلف به تعداد کافی عکس تهیه شد. وزن واقعی ماهی‌ها نیز اندازه‌گیری شد. عکس‌ها با نرم‌افزار متلب تجزیه و تحلیل شدند. نتایج تحقیق نشان داد که در هر مرحله از فصل رشد بین تعداد پیکسل‌های مربوط به تصاویر ماهی‌ها و وزن واقعی آنها رابطه خطی مناسب با ضرایب تبیین ۰/۹۶۲، ۰/۷۹۰، ۰/۹۸۸، ۰/۹۹۱ و ۰/۹۴۲ به ترتیب از زمان بارگیری استخر تا زمان برداشت ماهی برقرار است. اعتبارسنجی مدل با داده‌های جدید بررسی شد و نتایج رابطه به‌دست‌آمده نشان داد که بین تراکم واقعی و تراکم به‌دست‌آمده از مدل ریاضی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود ندارد.

واژگان کلیدی: پرورش ماهی، تراکم ماهی، ماشین بینایی، ماهی قزل آلا، مدل ریاضی.

۱. مقدمه

رشد فزاینده و روزافزون جمعیت جهان، تأمین غذا و دستیابی به منابع غذایی جدید را به یکی از مهم‌ترین دل‌مشغولی‌های بشر امروزی مبدل کرده است. پرورش ماهی یکی از روش‌های معمول برای تأمین نیازهای پروتئینی انسان است (Abdollah-Mashaie, 2007). مصرف گوشت سفید، به‌ویژه گوشت ماهی، به سبب برخورداری از اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی مورد نیاز بدن انسان در مقایسه با گوشت قرمز ارزش غذایی بیشتر و عوارض سوء کمتری دارد و از نظر کیفی، از سالم‌ترین و مطبوع‌ترین مواد غذایی به شمار می‌رود (Sadeghi, 2001).

امروزه در بسیاری از تأسیسات پرورش ماهی، ماهی‌ها غالباً در استخرها ذخیره می‌شوند. افرادی که تحت شرایط مدیریتی فشرده به پرورش ماهی اقدام می‌کنند، آمار دقیق تراکم توده زنده ماهی‌ها (کیلوگرم ماهی در واحد حجم) را در یک جمعیت در دست ندارند. بعضی از اهداف اصلی تنظیم برنامه جمعیت ماهی تعیین مواردی از جمله: ۱. رشد، به صورت افزایش طول و وزن انفرادی و همچنین وزن جمعیت، ۲. تبدیل غذایی و ۳. هزینه‌های تولید است. افزایش تراکم توده زنده از جمله اطلاعاتی است که برای تعیین این آمار به شکل ایده‌آل باید اندازه‌گیری شود (Karimzadeh et al., 2006).

در حال حاضر، برای تعیین تراکم توده زنده ماهی از روش نمونه‌گیری توده‌ای استفاده می‌کنند که با خطایی حدود ۱۵ تا ۲۵ درصد روبه‌رو است. برای این کار به وسیله تور نمونه‌گیری نمونه‌های مختلفی از استخر گرفته و وزن می‌شوند سپس، به استخر

بازگردانده می‌شوند. سپس، وزن ماهی به کل استخر تعمیم داده می‌شود. از جمله این روش‌ها می‌توان به: ۱. نمونه‌گیری زمان تجمع ماهی برای مصرف غذا، ۲. نمونه‌گیری پس از محرومیت ۱۸ تا ۲۴ ساعت از غذا و جمع‌آوری ماهی‌ها در یک طرف استخر و ۳. محرومیت ۱۸ تا ۲۴ ساعت از غذا و جمع‌آوری ماهی‌ها، گرفتن پنج نمونه و ریختن داخل جعبه زنده سپس، گرفتن پنج نمونه از داخل جعبه زنده (با نام روش ۵×۵) اشاره کرد (Karimzadeh et al., 2006).

ماشین بینایی^۱ شاخه‌ای از هوش مصنوعی است که در آن بینایی انسان شبیه‌سازی می‌شود. استفاده از این فناوری در همه زمینه‌ها در حال گسترش است و هر روز کاربرد جدیدی برای آن یافت می‌شود. از جمله کاربردهای این فناوری در کشاورزی و شبلات می‌توان به مواردی از جمله: ۱. کنترل کیفی و درجه‌بندی محصولات کشاورزی (Kondo et al., 2000; Blasco et al., 2003)، ۲. هدایت خودکار ماشین‌های (Fehr and ; Brandon and Searcy, 1992)، ۳. اندازه‌گیری طول و درجه‌بندی ماهی‌ها (White, 2006; Strachan, 1994) و ۴. جداکردن گونه‌های مختلف ماهی از یکدیگر (Zion et al., 1999; Zion et al., 2000) اشاره کرد.

فناوری پردازش تصویر در تحقیقات مربوط به ماهی توانسته است طول آن را به صورت مکانیزه در هنگام درجه‌بندی اندازه‌گیری کند (Strachan, 1994; White, 2006). این فناوری توانایی خود را در جداسازی گونه‌های مختلف ماهی از یکدیگر نیز نشان داد (Zion et al., 1999; Strachan, 1994).

(Morato et al., 2001). همچنین، در تحقیقی که در مورد ارتباط بین طول و وزن ۳۳ گونه ماهی دمرسال^۴ واقع در مجمع‌الجزایر آزورس انجام گرفت وزن ماهی‌ها (W) بر اساس طول (L) آنها به صورت معادله $W=aL^b$ به دست آمد و برای هر یک از گونه‌ها ضرایب a و b تعیین شدند (Rosa et al., 2006). در یک تحقیق مشابه با استفاده از فناوری پردازش تصویر ارتباط بین طول و وزن ماهی در سواحل آلگاور^۵ مطالعه شد. این بررسی نشان داد که رابطه بین طول و وزن در همه سال ثابت نیست و به عواملی چون نرخ تغذیه، غذای موجود و تولیدمثل بستگی دارد (Santos et al., 2001).

پرورش دهندگان ماهی برای اجرای برنامه‌ریزی رشد نیاز به اطلاعات دقیق تراکم توده زنده ماهی‌ها در زمان‌های مورد نیاز دارند. از طرف دیگر، روش‌های نمونه‌گیری برای تشخیص تراکم توده زنده ماهی‌ها دچار خطای زیادی است. در حالت طبیعی در یک مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، هزینه‌های تغذیه بالغ بر ۵۷٪ کل هزینه‌های یک دوره پرورش ماهی است (Karimzadeh et al., 2006). با در نظر گرفتن موارد فوق، اطلاعات دقیق‌تر تراکم توده زنده ماهی برای اعمال مدیریت صحیح هزینه‌های تغذیه از جمله نیازهای ضروری به شمار می‌آید. در تحقیق حاضر با اجرای روشی جدید، اطلاعات دقیق‌تری در مورد تراکم توده زنده درون استخر به دست خواهد آمد تا پرورش دهندگان ماهی مدیریت مناسب‌تری در برنامه رشد و نیز هزینه‌های تغذیه اعمال کنند.

(White, 2006)، به نحوی که، چندین گونه ماهی از جمله سه نمونه ماهی پهن^۱ و ۱۲ نمونه ماهی گرد^۲ با دقت بالای ۹۹٪ از یکدیگر تفکیک شدند (Strachan, 1994). در سال ۱۹۹۹ دو الگوریتم برای جداسازی سه نوع ماهی با استفاده از تصاویر اخذشده از آنها نوشته شد که تفاوت الگوریتم‌ها در استفاده از ویژگی‌های استخراج‌شده برای تشخیص سر و بدن بود. این الگوریتم‌ها توانستند سه نوع ماهی گروه اول را با دقت ۱۰۰، ۹۴ و ۸۶ درصد و سه نوع ماهی گروه دوم را با دقت ۹۸، ۹۶ و ۱۰۰ درصد از یکدیگر تمیز دهند (Zion et al., 1999).

در سال ۲۰۰۶ تحقیقی برای تشخیص هفت گونه ماهی و اندازه‌گیری خودکار طول آنها روی مقاله‌ها با استفاده از ماشین بینایی انجام شد. از هر گونه به تعداد ۱۰۰ عدد ماهی تجزیه و تحلیل شدند. از میان ماهی‌های مورد آزمون ۵ ماهی از یک گونه به اشتباه وارد گونه دیگر دسته‌بندی شدند و در همه این هفت گونه ماهی، حداقل یک ماهی و حداکثر ۱۲ ماهی درون هیچ‌یک از گونه‌های دسته‌بندی قرار نگرفتند. آنها بیان کردند که این سیستم توانست هفت گونه ماهی را با بازده ۹۹/۸٪ و با ظرفیت ۳۰۰۰۰ ماهی در ساعت از یکدیگر جدا کند. این سامانه طول ماهی‌های صیدشده را با ضریب تغییر ۰/۲٪ اندازه‌گیری کرد (White, 2006).

تحقیقی که روی ۲۱ نوع ماهی ساحلی در منطقه آزورس^۳ انجام گرفت نشان داد که وزن و طول ماهی در ۲۰ گونه مختلف آن رابطه معنی‌داری داشته است

4. Demersal
5. Algvre

1. Flatfish
2. Roundfish
3. Azores

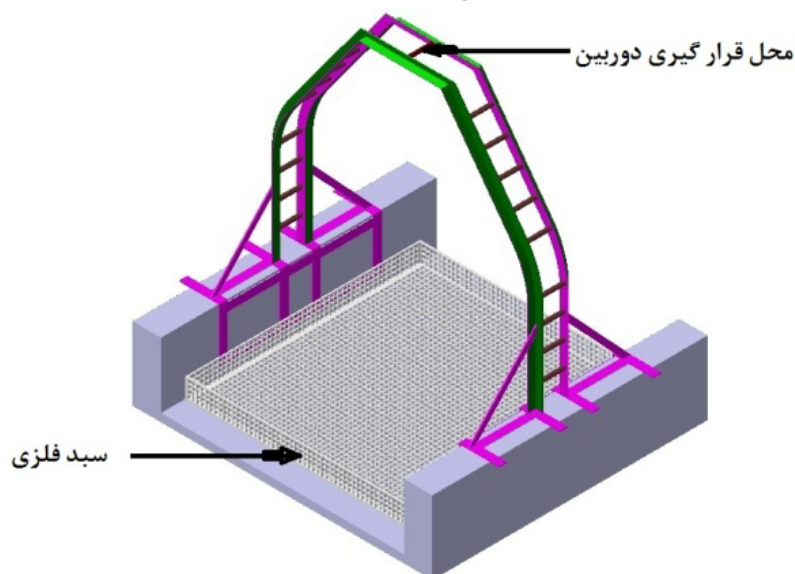
۲. مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در استخر پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در شهرک صنعتی ملوسجان، واقع در منطقه بیضاء از توابع شهرستان شیراز، انجام گرفت. برای تهیه عکس از توده ماهی‌های درون استخر، سازه‌ای در بالای آب استخر برای قرار گرفتن دوربین طراحی شد و قبل از اینکه بچه‌ماهی‌ها درون استخر ریخته شوند در مکانی مناسب به دور از نور آفتاب روی یکی از استخرها نصب شد. برای تهیه عکس سبدهای فلزی با ابعاد ۲×۲ در کف استخر قرار داده شد و کف سبد با کارتن پلاست سفیدرنگ پوشانده شد تا مرز بین سطح ماهی و کف سبد قابل تمیز از یکدیگر باشند (شکل ۱). ارتفاع آب استخر ۶۰ سانتی‌متر بود، بنابراین با توجه به محدوده سطح قابل عکس‌برداری (۴ متر مربع) حجم آب محدوده آزمایش ۲/۴ متر مکعب بود. برای جلوگیری از خروج ماهی‌ها از داخل سبد هنگام عکس‌گرفتن دو طرف سبد با دو توری فلزی محصور شد.

آزمایش‌ها در ۶ مرحله از فصل رشد از تاریخ

۱۳۹۰/۵/۲۴ زمان آزمایش مرحله اول لغایت ۱۳۹۰/۱۰/۰۷ زمان آزمایش مرحله ششم با فواصل ۲۰ تا ۳۰ روزه از یکدیگر انجام گرفتند و در هر مرحله آزمایش ۶ تراکم مختلف به ترتیب از تراکم کم به تراکم زیاد به منزله تیمارهای آزمایش ایجاد شدند. دامنه تراکم ماهی در همه مراحل بین ۳ کیلوگرم بر متر مکعب تا ۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب بود.

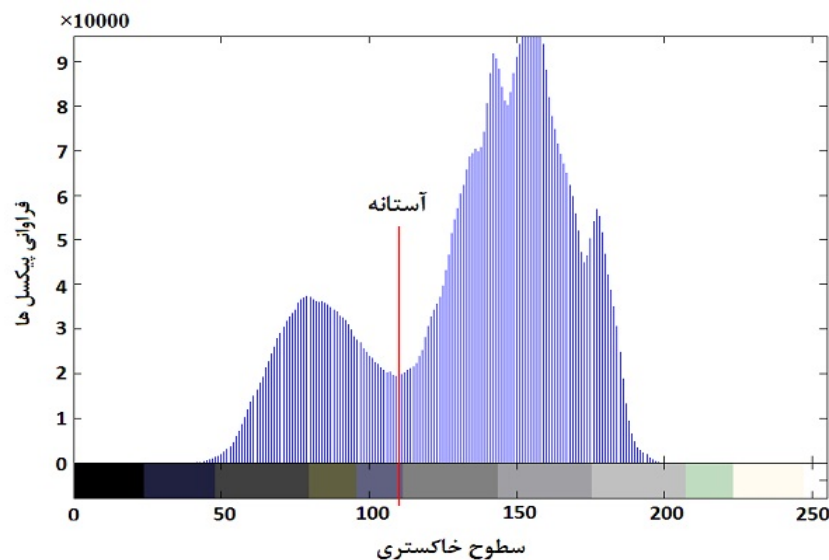
در هر مرحله چند ماهی به طور تصادفی از استخر انتخاب شد. وزن ماهی‌ها با نیروسنج Crane scale مدل OCS-L ساخت چین با دقت ± 0.1 کیلوگرم و ظرفیت ۱۵۰ کیلوگرم اندازه‌گیری و درون محدوده عکس‌برداری تخلیه شد. با توجه به حجم آب محدوده مورد آزمایش (۲/۴ متر مکعب) تراکم ماهی برای هر وزن محاسبه شد. از هر تراکم عکس‌هایی با دوربین Canon مدل IXUS 100 با اندازه تصویر ۱۲ مگاپیکسل تهیه شد. شکل ۲ نمونه‌ای از عکس گرفته‌شده از توده زنده ماهی را نشان می‌دهد.



شکل ۱. طرح‌واره سازه قرارگرفته روی استخر



شکل ۲. تصویر توده ماهی زنده



شکل ۳. نمونه‌ای از هیستوگرام تصویر خاکستری ماهی در زمینه استخر

هیستوگرام سطوح خاکستری پیکسل‌های تصاویر (شکل ۳)، آستانه جداسازی ماهی‌ها از زمینه تعیین شد.

نتیجه این بخش‌بندی تصاویر، تصاویر باینری^۲ بود که پیکسل‌های سیاه به منزله سطوح توده زنده ماهی و سطوح سفید به منزله زمینه مشخص می‌شدند. تصویر باینری‌شده توده ماهی زنده شکل ۲ در شکل ۴ نشان داده شده است.

عکس‌ها برای انجام دادن مراحل بعدی به کامپیوتر منتقل شدند. از نرم‌افزار متلب نسخه R2010a و جعبه ابزار پردازش تصویر برای تعیین خصوصیات مورد نیاز استفاده شد. با کدنویسی، مساحت اشغال‌شده ماهی‌ها به منزله مساحت ماهی‌ها بر حسب پیکسل تعیین شد. برای این منظور ابتدا تصاویر رنگی ۲۴ بیتی به تصاویر خاکستری ۸ بیتی تبدیل شد سپس، با استفاده از روش اتسو^۱ بر اساس

2. Binary

1. Otsu's method

مقدار تراکم پیش‌بینی شده با استفاده از رابطه زیر تعیین شد:

$$E = \frac{|\hat{y} - y|}{y} \times 100 \quad (2)$$

در این رابطه E درصد خطا، \hat{y} تراکم ماهی تخمین زده شده و y تراکم ماهی واقعی است.

اعتبار مدل ریاضی به دست آمده با ۳۰ درصد از عکس‌هایی که در مدل‌سازی دخالت نداشتند بررسی شد. مقدار تراکم تخمین زده شده مدل برای این داده‌ها و تراکم واقعی اندازه‌گیری شده با معادله $y=x$ یا خط ۱:۱ مقایسه شد که بیانگر عملکرد ۱۰۰ درصدی مدل است. برای این منظور، با استفاده از آزمون فیشر (F) مطابق رابطه زیر اختلاف در شیب و عرض از مبدأ این دو معادله بررسی شد (Anonymous, 2008).

$$F = \frac{(a_1 - a_2)^2}{\sqrt{SE_{a_1}^2 + SE_{a_2}^2}} \quad (3)$$

که مقادیر a_1 و a_2 مقادیر شیب یا عرض از مبدأ مدل و خط ۱ به ۱، و SE مقادیر متناظر خطای استاندارد شیب یا عرض از مبدأ مدل و خط ۱ به ۱ است.

۳. نتایج

پس از انجام دادن آزمون‌ها در ۶ دوره رشد، به صورت مجزا، نتایج هر دوره ارزیابی و بررسی شد. مدل رگرسیون خطی بین ۷۰ درصد داده‌های مساحت توده ماهی (تعداد پیکسل) و تراکم ماهی در مرحله اول با ضریب تبیین 0.937 به دست آمد که حکایت از هم‌بستگی قوی ($r=0.968$) بین مساحت سطح توده و تراکم ماهی دارد (شکل ۵). این روابط به منزله روابط کالیبراسیون در هر مرحله بودند که برای تعمیم‌پذیری آنها با ۳۰ درصد داده‌های باقی‌مانده

با توجه به حرکت دائمی ماهی‌ها و هم‌پوشانی آنها تعداد عکس‌های تهیه شده از هر مرحله بیش از ۳۰ عدد شد. این تصاویر دارای پراکنندگی در مساحت محاسبه شده ماهی‌ها بودند. بنابراین، داده‌های مساحت با فاصله اطمینان 0.99 با استفاده از رابطه زیر غربال شدند (Hanke et al., 2001).

$$\text{Confidence interval} = \bar{x} \pm t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

در این رابطه \bar{x} میانگین تکرارهای هر تیمار (تراکم)، α سطح احتمال، s انحراف معیار و n تعداد تکرارها در هر تیمار است.

پس از غربال کردن داده‌ها و کنار گذاشتن تصادفی ۳۰ درصد از داده‌ها، نمودار تراکم واقعی توده ماهی (kg/m^3) به مساحت سطح ماهی (تعداد پیکسل) برای ۷۰ درصد از داده‌های باقی‌مانده ترسیم شد. مدل رگرسیون خطی برای تخمین تراکم توده ماهی با استفاده از مساحت سطح ماهی به دست آمد (شکل ۵).

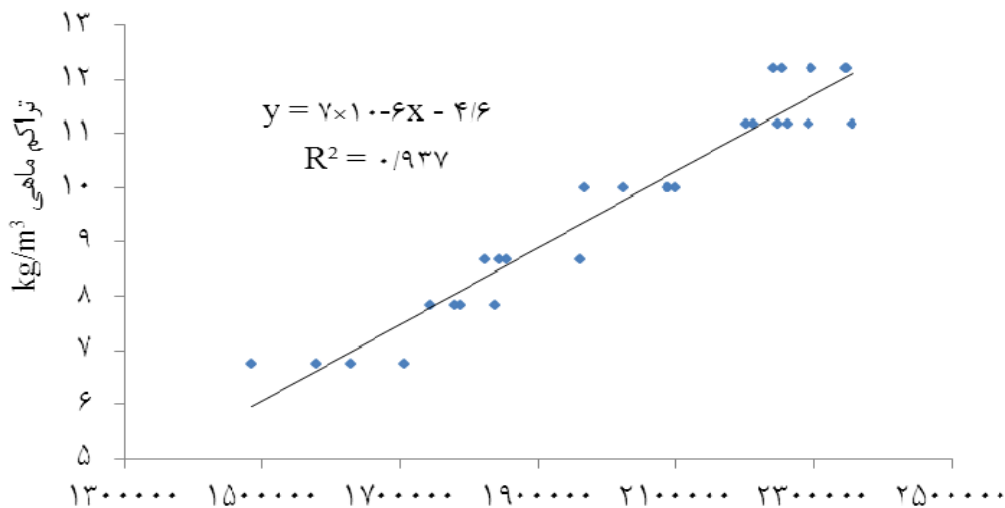


شکل ۴. تصویر باینری شده شکل ۲

رابطه به دست آمده برای تخمین تراکم ماهی بر اساس سطح توده در هر مرحله ارزیابی شد و خطای

خطای مدل برای ۶ مرحله آزمون در جدول ۱ درج شده است. نتایج نشان داد که بیشترین خطای مدل در مرحله سوم با مقدار ۹/۵٪ و کمترین خطای مدل در مرحله چهارم با مقدار ۳/۰٪ حاصل شده است.

واسنجی شدند. میانگین خطای روابط کالیبراسیون ۳/۴٪ محاسبه شد، اما معادلات وجود رابطه‌ای خطی را در دامنه مورد مطالعه نشان دادند. روابط کالیبراسیون (مدل رگرسیون)، ضریب تبیین R^2 و

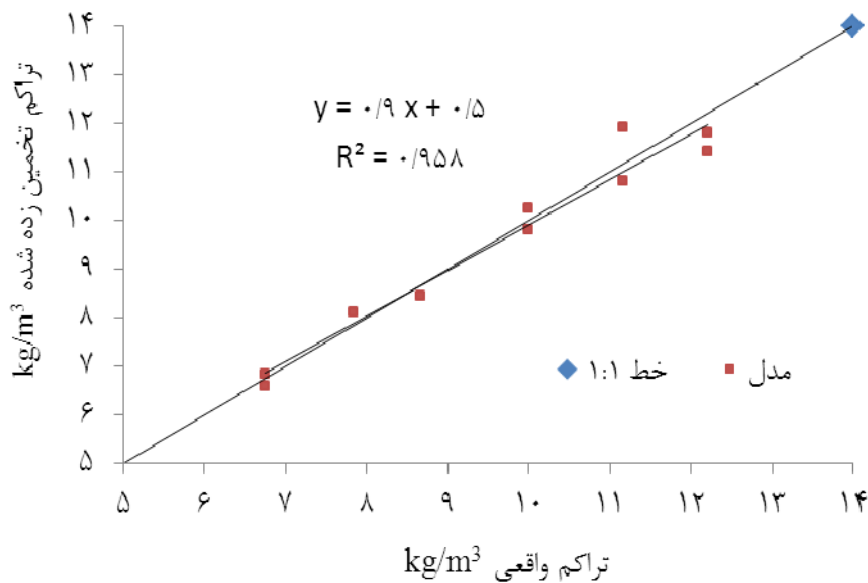


مساحت توده ی ماهی بر حسب پیکسل

شکل ۵. نمودار تراکم ماهی بر حسب مساحت سطح ماهی

جدول ۱. مدل رگرسیون، ضریب تبیین (R^2) و خطای مدل

مرحله داده برداری	خطا	R^2	مدل رگرسیون
مرحله اول	۳/۴٪	۰/۹۳۷	$y = 7 \times 10^{-6} X - 4/6$
مرحله دوم	۵/۳٪	۰/۹۶۲	$y = 7 \times 10^{-6} X - 0/5$
مرحله سوم	۹/۵٪	۰/۷۹۰	$y = 8 \times 10^{-6} X - 3/3$
مرحله چهارم	۳/۰٪	۰/۹۸۸	$y = 8 \times 10^{-6} X - 2/0$
مرحله پنجم	۳/۴٪	۰/۹۹۱	$y = 9 \times 10^{-6} X - 2/3$
مرحله ششم	۶/۹٪	۰/۹۴۲	$y = 7 \times 10^{-6} X - 0/4$



شکل ۶. مقایسه تراکم تخمین زده شده و واقعی

هیچ گونه اختلاف معنی داری در ضریب زاویه دو معادله وجود ندارد (جدول ۲). در مراحل اول و چهارم، در عرض از مبدأ دو معادله نیز اختلاف معنی داری مشاهده نشد و همین موضوع باعث شده است که در این دو مرحله با توجه به داده‌های جدول ۱ کمترین خطا در تخمین تراکم توده ماهی وجود داشته باشد. در مراحل دیگر، به علت اختلاف معنی دار در عرض از مبدأ، تراکم توده ماهی واقعی کمتر یا بیشتر تخمین زده شد.

اعتبار مدل‌های هر مرحله با ۳۰ درصد داده‌های جدید مربوط به هر مرحله بررسی شد. بر همین اساس، معادله جدید از این داده‌ها به دست آمد و با خط ۱ به ۱ مقایسه شد. آزمون مقایسه دو معادله رگرسیون نشان داد که هیچ گونه اختلاف معنی داری در ضریب زاویه و عرض از مبدأ بین مدل اعتبارسنجی و خط ۱ به ۱ وجود ندارد (شکل ۶). نتایج مقایسه بین تراکم ماهی واقعی و تخمین زده شده نشان داد که در همه مراحل آزمایش

جدول ۲. تجزیه واریانس مقایسه معادلات تراکم ماهی واقعی و تخمین زده شده

مرحله داده برداری	F_{slope}	$F_{\text{intercept}}$	میانگین تخمین تراکم
مرحله اول	0.82^{ns}	0.29^{ns}	ns
مرحله دوم	2.02^{ns}	30.23^{**}	کمتر $0.48 \text{ kg}/\text{m}^3$
مرحله سوم	0.70^{ns}	12.75^{**}	بیشتر $0.77 \text{ kg}/\text{m}^3$
مرحله چهارم	0.03^{ns}	2.57^{ns}	ns
مرحله پنجم	0.01^{ns}	5.80^*	بیشتر $0.19 \text{ kg}/\text{m}^3$
مرحله ششم	2.54^{ns}	9.47^{**}	کمتر $0.48 \text{ kg}/\text{m}^3$

ns و ** و * به ترتیب نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۰.۵٪، ۰.۱٪ و نبود اختلاف معنی دار است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد مدل به‌دست‌آمده برای تخمین تراکم توده زنده ماهی در مراحل مختلف از فصل رشد با دقت درخور توجهی نسبت به روش‌های معمول عمل کرده است. میانگین خطا در هر ۶ مرحله از رشد ماهی از زمان بارگیری تا برداشت ۵/۳ درصد بود که نسبت به روش‌های معمول، که دارای خطای ۱۵ تا ۲۵ درصد است، به طور درخور ملاحظه‌ای خطای تخمین را کاهش داده است. بر اساس نتایج جدول ۱ در هر مرحله از رشد ماهی، رابطه قوی بین مساحت سطح ماهی و وزن آن برقرار بوده است که با نتایج نیمی (Niimi, 1975) همخوانی دارد. در نتیجه می‌توان گفت سن ماهی تأثیری در خطای روش ارائه‌شده برای تخمین تراکم توده ماهی در استخر نداشته است. تفاوت در خطای تخمین طی فصل رشد از روند مشخصی پیروی نکرده است و این نشان می‌دهد که می‌توان از این روش در هر مرحله از فصل رشد استفاده کرد. خطای تخمین وابستگی درخور توجهی به تصاویر تهیه‌شده دارد که خود وابسته به شرایط محیط است. وجود ذرات معلق در هوا، تنظیم‌نبودن فاصله کانونی، روشنایی متغیر محیط در زمان‌های مختلف عکس‌برداری طی فصل رشد ماهی و شفافیت آب استخر از جمله عواملی‌اند که تفاوت‌هایی را در تصاویر تهیه‌شده در هر مرحله از رشد ایجاد کرده‌اند. کنترل شرایط تهیه عکس خصوصاً ایجاد شرایط ثابت از نظر روشنایی می‌تواند به کاهش خطا نیز منجر شود.

مدلی نیز برای تخمین تراکم توده ماهی از

مجموع همه داده‌های به‌دست‌آمده در ۶ مرحله از فصل رشد ایجاد و ارزیابی شد. نتایج این ارزیابی نشان داد بین تراکم واقعی و تخمین زده‌شده اختلاف معنی‌داری وجود دارد و با مدل‌های تخمین تراکم توده زنده ماهی در هر مرحله از فصل رشد متفاوت است. علت این موضوع را شاید بتوان تفاوت تراکم‌های ایجادشده در هر مرحله دانست که به علت مدیریت استخرها با تغییر اندازه ماهی‌ها گریزی از آن نبود، ضمن آنکه هدف اصلی این پژوهش تخمین تراکم در شرایط واقعی و نه آزمایشگاهی بود. از طرف دیگر، همان‌طور که قبلاً بیان شد، در هر مرحله از تهیه عکس، نور محیط تأثیر درخور توجهی را در روشنایی عکس و در نهایت تمایز سطح ماهی و محیط پیرامون آن یعنی آب ایجاد کرده است، حذف موارد فوق می‌تواند شرایط را برای ایجاد مدلی واحد از تخمین تراکم توده زنده ماهی برای کل فصل رشد فراهم کند. در استخرهای پرورش ماهی می‌توان با ایجاد یک محفظه عکس‌برداری با نور کنترل‌شده در مسیر حرکت ماهی‌ها شرایط مناسب برای تهیه عکس را فراهم کرد.

در کل با توجه به اینکه تخمین مدل‌ها دارای خطای کمتر از یک کیلوگرم در متر مکعب است، و از طرف دیگر با تمهیداتی در خصوص ایجاد شرایط کنترل‌شده از لحاظ شدت نور امکان کاهش خطا نیز وجود دارد. با توجه به اینکه پژوهش‌های گذشته نیز مؤید تأثیر شکل ماهی در تخمین خصوصیات فیزیکی آن بوده است پیشنهاد می‌شود این پژوهش روی گونه‌های دیگر ماهی‌های پرورشی نیز اجرا و

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همکاری‌های بی‌دریغ اداره کل شیلات استان فارس و مرکز پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (ملوسجان) که شرایط این تحقیق را فراهم کردند صمیمانه تشکر می‌کنند.

خطای تخمین استخراج شود. با این حال، پژوهش حاضر نشان داد که روش پردازش تصویر برای تخمین تراکم توده ماهی زنده قزل‌آلا استفاده و توصیه می‌شود.

References

- [1]. Abdollah-Mashaei, M., 2007. Trout Farming Handbook. . Daryasar Publication, Tehran, 208 p.
- [2]. Anonymous, 2008. Master of applied statistics. <http://statmaster.sdu.dk/courses>. Accessed Feb. 2012.
- [3]. Blasco, J., Aleixos, N., Molto, E., 2003. Machine vision system for automatic quality grading of fruit. *Biosystems Engineering* 85, 415-423.
- [4]. Brandon, J.R., Searcy, S.W., 1992. Vision assisted tractor guidance for agricultural vehicles. American Society of Automotive Engineers. Report number: 921650, p.
- [5]. Fehr, B.W., Gerish, J.B., 1995. Vision-guided row crop follower. *Applied Engineering in Agriculture* 11, 613-620.
- [6]. Hanke, J.E., Retisch, A.G., Wichem, D.W., 2001. Business Forecasting. Prentice Hall of India pvt, New Delhi, 576 p.
- [7]. Karimzadeh, G., Karimzadeh, S., Mirzaei, H., 2006. Manual for Rainbow Trout Production on the Famili-Owned Farm. Avay-e-Maseeh Publication, Tehran, 134 p.
- [8]. Kondo, N., Ahmad, U., Mitsuji, M., Haruhiko, M., 2000. Machine vision based quality evaluation of Iyokan orange using neural network. *Computers and Electronics in Agriculture* 29, 135-147.
- [9]. Morato, T., Afonso, P., Lourinho, P., Barreiros, J.P., Santos, R.S., Nash, R.D.M., 2001. Length-weight relationships for 21 coastal fish species of the Azores, north-eastern Atlantic. *Fisheries Research* 50, 297-302.
- [10]. Niimi, A.J., 1975. Relationship of body surface area to weight in fishes. *Canadian Journal of Zoology* 53, 1192-1194.
- [11]. Rosa, A., Menezes, G., Melo, O., Pinho, M.R., 2006. Weight-length relationships of 33 demersal fish species from Azores archipelago. *Fisheries Research* 80, 329-332.
- [12]. Sadeghi, S.N., 2001. Farming Rainbow Trout. Naghsh-e-Mehr Publication, Tehran, 48 p.
- [13]. Santos, M.N., Gaspar, M.B., Vasconcelos, P., Monteiro, C.C., 2001. Weight-length relationships for 50 selected fish species of the Algarve coast (southern Portugal). *Fisheries research* 59, 289-295.
- [14]. Strachan, N.J.C., 1994. Sea trials of a computer vision based fish species sorting and size grading machine. *Mechatronics* 4, 773-783.
- [15]. White, D.J., Svellingen, C., Strachan, N. J. C, 2006. Automated measurement of species and length of fish by computer vision. *Fisheries Research* 80, 203-210.
- [16]. Zion, B., Shklyar, A., Karplus, I., 1999. Sorting fish by computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture* 23, 175-187.
- [17]. Zion, B., Shklyar, A., Karplus, I., 2000. In-vivo fish sorting by computer vision. *Aquacultural Engineering* 22, 165-179.