بهینه سازی شرایط پرورش ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*) با استفاده از روش آماری طرح مرکب مرکزی (CCD)

سهند جودکی[۱]، نرگس مورکی*[۱]، شهرام دادگر[۲]

* Nargess_Mooraki@Yahoo.com

۱-دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی گروه شیلات، تهران، ایران
۲-موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۸

چکیده

مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر سه پارامتر دما، اسیدیته و سختی کربنات بر شاخص‌های رشد ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*)، طراحی گردید. به این منظور، در هر آکواریوم با طراحی آزمایشات با نرم افزار Design Expert 7.0، ترکیبی از سه عامل دما، pH و dKH و در مجموع ۱۴ ترکیب (تیمار) و برای هر تیمار ۳ تکرار تنظیم گردید و در هر آکواریوم، ۳ قطعه ماهی به‌صورت تصادفی قرار داده شد. در طی بازه زمانی ۱ تا ۳۰ روز، اندازه‌گیری وزن و طول بدن ماهیان انجام شده و شاخص‌های رشد، شامل افزایش وزن و طول بدن محاسبه شد. بررسی الگوی رشد نشان داد که مدل ریاضی بهینه برای تغییرات شاخص‌های رشد، معادله درجه دوم است. در ماهی اسکار، سختی بیشترین تأثیر را بر تغییر وزن داشت. دمای بهینه c°۲۶-۲۳، pH ۶/۷-۸/۳ و سختی ۶-۵ بود. الگوی رشد اسکار بر اساس طول، معادله درجه دوم بود، سختی بیشترین تأثیر را داشته و بازه بهینه برای آن، مشابه شرایط بهینه برای وزن بود.

کلمات کلیدی: ماهی اسکار(*Astronotus ocellatus*)، درجه حرارت، اسیدیته، سختی کربنات، شاخص‌های رشد.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.6.0]

مقدمه

ماهی اسکار با نام علمی *Astronotus ocellatus* از زیباترین ماهیان آکواریومی آب شیرین که دارای مراکز تکثیر و پرورش فراوانی در نقاط مختلف جهان می‌باشد، به نحوی که برخی از کشورها از جمله ایتالیا، چین و ژاپن نقش مهمی در این صنعت ایفا کرده‌اند (عمادی، ۱۳۸۹، Tavares-Dias and Neves, 2017). اسکار از لحاظ اقتصادی، به ویژه برای علاقه‌مندان به آکواریوم و ماهیگیری ورزشی بسیار مهم است و یکی از غذاهای مهم برای جمعیت رودخانه‌ای آمازون محسوب می‌گردد (Yanar *et al*., 2019). به علت دارا بودن رنگ‌آمیزی عجیب و غریب و توانایی تولیدمثل طبیعی در شرایط اسارت به‌عنوان یکی ماهی زینتی محبوب در بیشتر کشورهای جهان پرورش داده می‌شود (Tavares-Dias *et al*., 2014). معمولا تا ۲۵-۳۰ سانتی‌متر رشد کرده و در زیستگاه طبیعی غریب به ۱۵ سال عمر می‌کند. این ماهی با خلق و خوی متعادل و گاهی خشن با هم‌نوعانشان و ماهیان بزرگ‌تر از خود همزیستی دارند. به عنوان گونه‌ای بنتوپلاژیکا از خانواده سیچلیده شناخته می‌شود که به عنوان سرپناه ترجیح می‌دهد از تنه‌های درختان و شاخ و برگ‌های غرق شده در زیر آب‌های راکد استفاده نماید(Soares *et al*., 2011). از سیکلیدهای آمریکای جنوبی و بومی رودخانه‌های آمازون، برزیل، کلمبیا، پاراگوئه و شرق ونزوئلا که دارای آب‌های سبک و اسیدی می‌باشند (غیاثوند و شاپوری، ۱۳۸۵). دمای مناسب برای نگه‌داری آن ۲۷-۲۳ درجه سانتیگراد و بهترین دما ۲۵ درجه سانتیگراد، pH مناسب ۸-۶ و بهترین pH، ۷/۲ و درجه سختی حاصل از کربنات ۱۵-۵ dKH می‌باشد (غیاثوند و شاپوری، ۱۳۸۵). این گونه همه‌چیزخوار و غالبا گوشت‌خوار بوده، از حشرات، سخت‌پوستان، ماهیان کوچک، نرم‌تنان، میوه‌ها، جلبک‌های کفزی و گیاهان آبزی تغذیه می‌کنند و در شرایط اسارت با غذای آماده تهیه شده برای ماهیان گوشتخوار بزرگ تغذیه می‌شوند. رفتار این گونه در مواقع شکار به صورت کمین و گرفتن شکار و در مواقع شکار شدن فرار در فواصل کوتاه است (Soares *et al*., 2011).

امروزه آکواریوم و ماهیان زینتی به خوبی توانسته‌اند در این دنیای صنعتی، جای خود را در خانه‌های مردم باز کنند (متجمی، ۱۳۹۰)؛ به طوریکه این شاخه از علم شیلات به صنعتی بزرگ و تجارتی سودآور تبدیل شده است (Ghosh *et al*., 2007) و در نتیجه اندازه‌گیری میزان پارامترهای مختلف پرورش، نظیر دمای آب، pH و dKH و نزدیک کردن آن‌ها به مقادیر بهینه و در واقع بهینه‌سازی شرایط پرورش ماهیان در کارگاه‌های پرورشی، امری الزامی است؛ اما متأسفانه نظارت دقیقی بر میزان این پارامترها و تلاش برای بهینه‌سازی آن‌ها، در کارگاه‌های پرورشی صورت نمی‌گیرد که یکی از دلایل آن، بحث هزینه و در دسترس نبودن منابع آب و انرژی کافی و در نتیجه داشتن ملاحظات اقتصادی می‌باشد. با توجه به اینکه سالیانه هزینه زیادی صرف پرورش و نگه‌داری ماهیان زینتی می‌شود، لازم است که پارامترهای محیط پرورش این ماهیان، اندازه‌گیری شده و ترکیب مؤثر و بهینه با لحاظ فاکتور اقتصادی تعیین گردد تا بتوان در هزینه‌های در گردش کارگاه‌های پرورشی نظیر هزینه‌های خوراک و انرژی، صرفه‌جویی کرد. از این‌رو، هدف این تحقیق، ثبت داده‌های مربوط به قد و وزن ماهی آنجل در دو بازه زمانی ۱ تا ۲۵ روز و ۲۵ تا ۴۰ روز، در ترکیب‌های محیطی مختلف با توجه به سه فاکتور دما، درجه سختی کربنات و اسیدیته آب، و محاسبه شاخص‌های رشد و سپس مقایسه این شاخص‌ها با یکدیگر در ترکیب‌های مختلف محیطی است تا بهترین ترکیب از این سه فاکتور، برای محیط‌های پرورشی ماهی آنجل بدست بیاید.

طراحی آزمایش‌ها به روش سطح پاسخ (RSM) در اولین سال ۱۹۵۰ میلادی شکل گرفت و کاربرد اولیه آن بیشتر برای صنایع شیمیایی بود ولی اخیراً به طور گسترده‌ای از روش سطح پاسخ (RSM) برای بهبود کیفیت، طراحی محصول و آنالیز عدم‌قطعیت استفاده می‌شود. دو روش متداول زیر مجموعه طراحی آزمایش‌ها به روش سطح پاسخ (RSM) طراحی آزمایش‌ها به روش Central Composite Design (CCD) و Box-Behnken designs (BBD) هستند. در روش سطح پاسخ از طرح مرکب مرکزی (CCD[1]) در قالب مرکز وجهی[2] استفاده شد. در حالت مرکز وجهی حدود بیشینه و کمینه با کد سطح‌های (+۱) و (-۱) مشخص می‌شوند که در واقع تنها اطلاعاتی است

[1] Central Composite Design

[2] Face Centered

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.6.0]

که با توجه به مطالعات و ایده پژوهش، برای سطوح هر متغیر باید در اختیار نرم‌افزار آماری قرار گیرد. به این ترتیب سطح سوم به عنوان سطح صفر یا مرکزی (۰)، مقداری بین کمینه و بیشینه است. البته اگر سطوحی خارج از سه سطح تعریف شده و در بین این سطوح قرار گیرند، به راحتی کدگذاری می‌شوند.

تجزیه واریانس و ارائه مدل ریاضی

پس از انتخاب طرح، معادله مدل تعیین شده و ضرایب آن پیش‌بینی می‌شوند. مدل استفاده شده در روش سطح پاسخ عموماً، معادله مدل درجه دوم کامل یا فرم کاهیده آن است. مدل درجه دوم می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$Y = C_{k.} + \sum_{i=1}^{4} C_{ki} x_i + \sum_{i=1}^{4} C_{kii} x_i^2 + \sum_{i<j=2}^{4} C_{kij} x_i x_j$$

در اینجا β_0، β_j، β_{jj} و β_{ij} به ترتیب ضرایب ثابت، خطی، درجه دوم و اثر متقابل رگرسیون هستند. X_i و X_j متغیرهای مستقل کد شده هستند. نمادسازی ماتریس در معادله زیر آمده است:

$$y = X\beta + \varepsilon$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ . \\ . \\ . \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & . & . & . & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & . & . & . & x_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & . & . & . & x_{nk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ . \\ . \\ . \\ \beta_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ . \\ . \\ . \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

دستگاه معادلات بالا با استفاده از روش حداقل مربعات[1] حل شده و ضرایب معادله به‌دست می‌آیند. بعد از اینکه ضرایب معادله به‌دست آمدند با حل معادله بالا، پاسخ پیش‌بینی می‌شود. سپس باید مطابقت مدل با داده‌های آزمایش مورد بررسی قرار گیرد. برای این کار روش‌های متعددی نظیر تحلیل باقیمانده، ریشه میانگین مربعات خطاهای پیش‌بینی شده و آزمون عدم تطابق وجود دارد. قابلیت پیش‌بینی کلی مدل توسط ضریب تبیین[2] (R^2) بیان شد و اهمیت آماری آن بوسیله آزمون آماری فیشر[3] (F-Value) مشخص گردید. اهمیت هر یک از ضرایب رگرسیون (مدل) نیز بر اساس آزمون t بدست آمد. البته باید توجه داشت که R^2 به تنهایی نمی‌تواند دقت مدل را توضیح دهد، زیرا این شاخص بیان کننده تغییرات حول میانگین پاسخ است. لذا از ضریب دیگری به نام ضریب تبیین تنظیم شده (R^2_{adj}) استفاده می‌کنند. در محاسبه این ضریب، برخلاف R^2، به جای مجموع مربعات از میانگین مجموع مربعات استفاده می‌شود. نحوه محاسبه این دو ضریب در دو معادله زیر ارائه شده است:

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{residual}}{SS_{total}}$$

$$R^2_{adj} = 1 - \frac{SS_{residual} / DF_{residual}}{SS_{total} / (DF_{model} + DF_{residual})}$$

در روابط بالا $SS_{residual}$ بیانگر مجموع مربعات باقیمانده، DF معرف درجه آزادی و SS_{total} معرف مجموع مربعات کل ($SS_{residual} + SS_{model}$) است.

مواد و روش‌ها

در ۱۴ آکواریوم به حجم تقریبی ۲۸ لیتر، ترکیب خاصی از سه عامل دما، pH و dKH با استفاده از طراحی آزمایشات با نرم افزار Design Expert 7.0 با روش سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی CCD(Central Composite Design) به روش معادله درجه دو صورت گرفت و در مجموع ۱۴ ترکیب (۱۴ تیمار) تنظیم گردید و برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد؛ بدین منظور، در هر آکواریوم، ۳ قطعه بچه ماهی اسکار بصورت تصادفی قرار داده شد. تیمارها به شرح جدول زیر می‌باشد:

[1] Least square

[2] Coefficient of determination

[3] Fisher test

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.6.0]

جدول ۱: تیمارهای انتخابی مطابق طرح CCD برای نگه داری ماهیان

Run	Temperature	dKH	pH
۱	۲۳	۶	۶
۲	۲۶	۹	۷/۵
۳	۲۶	۷	۷/۵
۴	۲۶	۷	۶
۵	۲۲	۷	۷/۵
۶	۲۳	۹	۹
۷	۲۹	۹	۶
۸	۲۶	۷	۹
۹	۲۶	۷	۷/۵
۱۰	۲۶	۷	۷/۵
۱۱	۳۰	۷	۷/۵
۱۲	۲۶	۵	۷/۵
۱۳	۲۶	۷	۷/۵
۱۴	۲۹	۶	۹

دمای مورد نیاز هر آکواریوم، توسط بخاری‌های اتوماتیک مخصوص فراهم شده و توسط دماسنج‌های چسبی بر دیواره‌های مخازن، به‌صورت روزانه کنترل شد. اکسیژن محلول در آب، با استفاده از پمپ مرکزی کارگاه تأمین و میزان آن با استفاده از دستگاه اکسی‌متر، پیش از هر بار زیست‌سنجی، اندازه‌گیری شد که در طول دوره آزمایش برای همه مخازن، تقریباً برابر با ۶/۵±۰/۵ میلی‌گرم در لیتر بود. میزان dKH و pH هر دو روز یک بار، با استفاده از نوار استریپ تست dKH و pH اندازه‌گیری شد و برای افزایش و کاهش مقادیر آن‌ها از محلول‌های pH^+، pH minus، KH^+ و KH minus استفاده گردید. در ابتدای دوره و نیز پس از پایان بازه زمانی ۱ تا ۳۰ روز، به‌منظور سنجش میزان رشد ماهیان، بیومتری شامل اندازه گیری وزن و طول بدن، صورت پذیرفت. بدین منظور، تمامی بچه ماهیان، از مخازن خارج شده و پس از بیهوشی توسط عصاره پودر میخک با دوز ۲۰۰ ppm (جمیلی و همکاران، ۱۳۸۸)، وزن آن‌ها توسط ترازوی دیجیتال کالیبره شده با دقت ۰/۰۱ گرم و طول آن‌ها با استفاده از خط کش با دقت ۱ میلیمتر، ثبت گردید؛ سپس برای بررسی روند رشد ماهیان در تیمارهای مختلف، شاخص‌های رشد طبق فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

$WG\ (g) = W_f - W_i$

WG= افزایش وزن (g)

W_I= وزن اولیه (g)

W_f= وزن نهایی (g)

$LG\ (cm) = L_f - L_i$

LG= افزایش طول (cm)

L_i= طول اولیه (cm)

L_f= طول نهایی (cm)

نتایج شاخص‌های رشد، با استفاده از نرم‌افزار Design Expert 7.0، تحلیل و مدل ریاضی برازش شده برای نمایش الگوی تغییر هر شاخص، تعیین شده و آزمون عدم تطابق برای تایید مدل مربوطه، انجام گرفته و تحلیل آماری مدل، شامل تعیین انحراف معیار (standard deviation) و ضریب تعیین (R-squared) و همچنین تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) آن صورت گرفت و معادله پاسخ هر کدام از شاخص‌های رشد در هر بازه زمانی، مشخص گردید. در نهایت برای بررسی اثرات سه متغیر بر هرکدام از شاخص‌های رشد، نمودارهای مربوط به اثر هر متغیر به‌صورت مجزا و نمودارهای اثرات متقابل (Interaction effect) آن‌ها ارائه گردید.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.6.0]

جدول ۲: سطوح اندازه گیری متغیر های دما، pH و سختی

متغیر	نماد	حد بالا	حد پایین
دما (°C)	A	۲۳/۰۰	۲۹/۰۰
pH (-$\log_{10}$ [H^+])	C	۶/۰۰	۹/۰۰
سختی (dKH)	B	۵/۰۰	۹/۰۰

نتایج

مدل ریاضی برازش شده برای افزایش وزن با لحاظ سه متغیر مورد بررسی، معادله درجه دوم به شرح جدول ۳ می‌باشد:

جدول ۳: مدل ریاضی بهینه نگه داری اسکار بر اساس افزایش وزن

نوع مدل	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F Value	*p*-Value
Quadratic	۰/۰۱۶	۵/۲۱۶	۸۸/۲۸	۰/۰۰۰۴

آزمون عدم تطابق برای معادله درجه دوم افزایش وزن ماهی اسکار، نیز نشان داد که p=۰/۵۱۳۷ که نشان‌دهنده مناسب بودن مدل انتخاب شده برای نمایش الگوی رشد ماهی می باشد. از این رو جدول ۴ خلاصه تحلیل آماری مدل را نشان می دهد:

جدول ۴: خلاصه تحلیل آماری مدل رشد اسکار بر اساس افزایش وزن

مدل	Std. Dev.	R-squared	Adjusted R-squared
Quadratic	۷/۶۸	۰/۹۹۶	۰/۹۲۷

تحلیل واریانس یک طرفه مدل درجه دوم سطح پاسخ افزایش وزن ماهی اسکار، به شرح جدول ۵ می‌باشد:

جدول ۵ : تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) مدل درجه دوم افزایش وزن اسکار

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	۰/۰۵۹	۹	۶/۶۰۵-۰۰۳	۱۱۱/۷۹	۰/۰۰۱ significant
A-Temperature	۲/۰۰۰-۰۰۴	۱	۲/۰۰۰-۰۰۴	۳/۳۸	۰/۱۳۹
B-Hardness	۰/۰۱۸	۱	۰/۰۱۸	۳۰۵/۴۶	< ۰/۰۰۱
C-pH	۴/۵۰۰-۰۰۴	۱	۴/۵۰۰-۰۰۴	۷/۶۲	۰/۰۵۱
AB	۱/۱۹۰-۰۰۳	۱	۱/۱۹۰-۰۰۳	۲۰/۱۴	۰/۰۱۱
AC	۲/۹۶۵-۰۰۴	۱	۲/۹۶۵-۰۰۴	۵/۰۲	۰/۰۸۹
BC	۲/۸۷۷-۰۰۳	۱	۲/۸۷۷-۰۰۳	۴۸/۶۹	۰/۰۰۲
A2	۹/۶۹۷-۰۰۵	۱	۹/۶۹۷-۰۰۵	۱/۶۴	۰/۲۶۹
B2	۲/۷۶۱-۰۰۴	۱	۲/۷۶۱-۰۰۴	۴/۶۷	۰/۰۹۷
C2	۰/۰۱۶	۱	۰/۰۱۶	۲۶۴/۱۶	< ۰/۰۰۱
Residual	۲/۳۶۴-۰۰۴	۴	۵/۹۰۹-۰۰۵		
Lack of Fit	۳/۶۳۶-۰۰۵	۱	۳/۶۳۶-۰۰۵	۰/۵۵	۰/۵۱۴ not significant
Pure Error	۲/۰۰۰-۰۰۴	۳	۶/۶۶۷-۰۰۵		

با توجه به جدول ۵ مقدار F به‌دست آمده برای مدل معادل ۱۱۱/۷۹ است که نشان‌دهنده معنی‌دار بودن مدل می‌باشد و فقط ۰/۰۲ درصد احتمال دارد تا این مقدار F به سبب وجود noise باشد. مقادیر احتمال (prob>F) کمتر از ۰/۰۵

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.6.0]

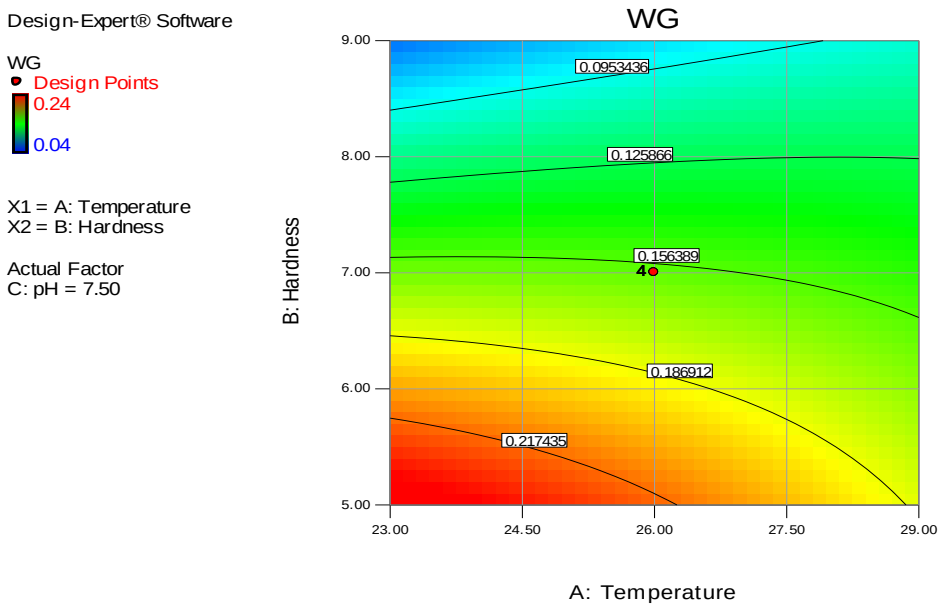
نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اجزاء مدل یا معادله است و همانطور که مشخص است فاکتورهای B، C^2، AB و BC عناصر معنی‌دار معادله هستند و مقادیر بزرگ تر از ۰/۱ نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اجزاء معادله است.

مقادیر F برای بررسی عدم تطابق مدل نیز معادل ۰/۵۵ به‌دست آمد که نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن Lack of fit می‌باشد که مؤید معنی‌دار بودن مدل بدست آمده برای افزایش وزن است.

با توجه به تحلیل‌های انجام شده معادله پاسخ افزایش وزن (WG) برای ماهی اسکار، به شرح زیر است:

$$WG = -۰/۱۱+۰/۰۱*T-۰/۲۱*KH+۰/۲۸* pH+۴/۰۶*(T*KH)-۲/۷۰*(pH*T) +۰/۰۱*(pH*KH)-۴/۰۴*T^2 -۱/۵۳ *KH^2-۰/۰۲*pH^2$$

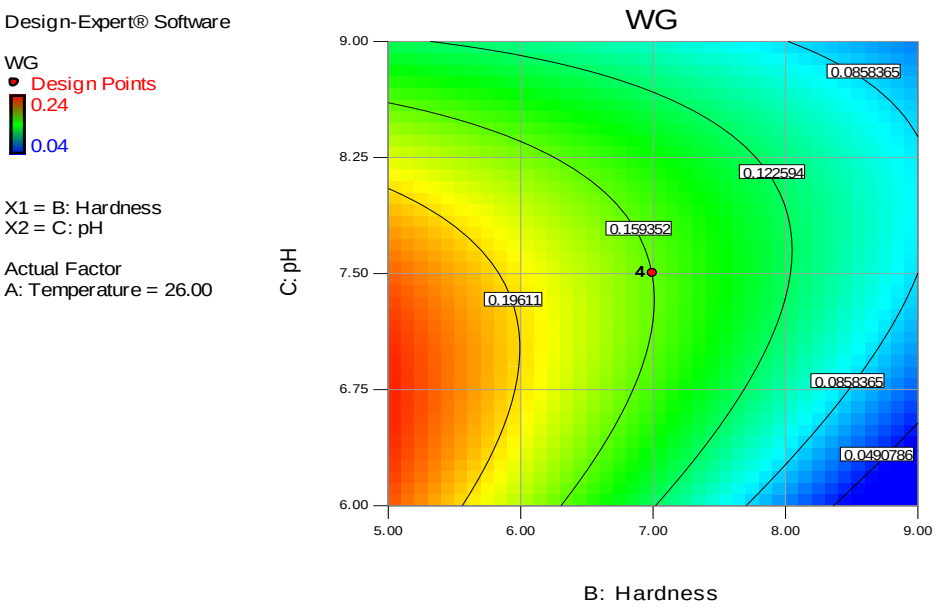
برای بررسی اثرات سه متغیر بر افزایش وزن ماهی اسکار، نمودارهای مربوط به اثر هر متغیر بصورت مجزا و نمودارهای اثرات متقابل (Interaction effect) آن‌ها ارائه شده است:



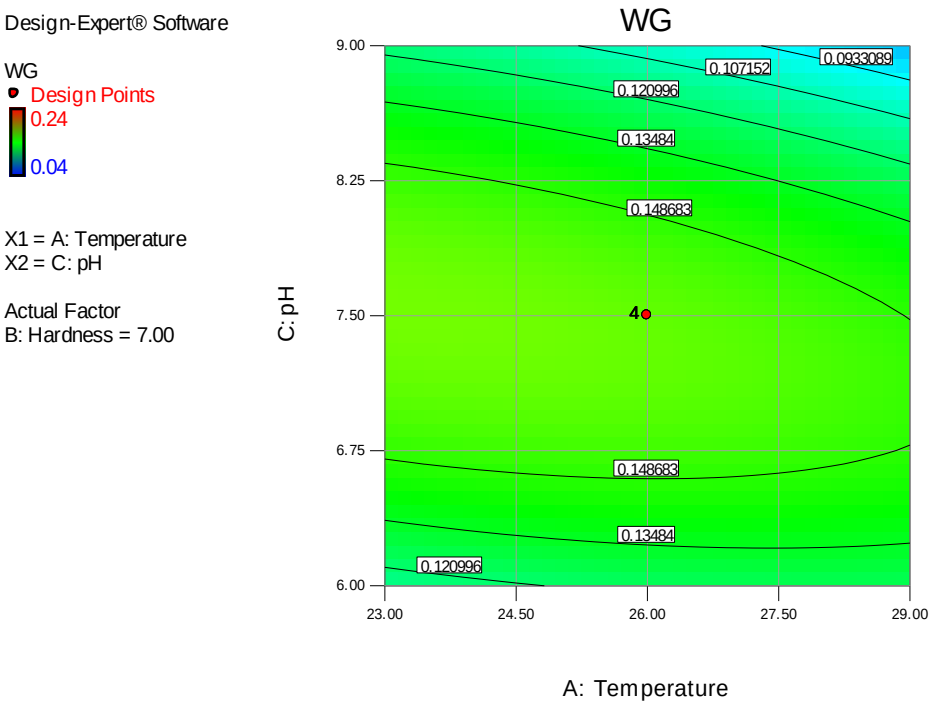
شکل ۱: نمودار دو بعدی متغیر دما و سختی برای تعیین نقطه بهینه pH در افزایش وزن ماهی اسکار

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.6.0]



شکل ۲: نمودار دو بعدی متغیر pH و سختی برای تعیین نقطه بهینه دما در افزایش وزن ماهی اسکار



شکل ۳: نمودار دو بعدی متغیر دما و pH برای تعیین نقطه بهینه سختی در افزایش وزن ماهی اسکار

افزایش طول

مدل ریاضی برازش شده برای افزایش طول با لحاظ سه متغیر مورد بررسی، معادله درجه دوم به شرح جدول ۶ می‌باشد:

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.6.0]

جدول ۶: مدل ریاضی بهینه نگه داری اسکار بر اساس افزایش طول

نوع مدل	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F Value	P-Value
Quadratic	۰/۰۴۴	۰/۰۱۵	۵۴/۲۱	۰/۰۰۱

آزمون عدم تطابق برای معادله درجه دوم افزایش طول ماهی اسکار، نشان داد که p=۰/۴۳۲۴ که نشان‌دهنده مناسب بودن مدل انتخاب شده برای نمایش الگوی رشد ماهی، می‌باشد. از این رو جدول ۷ خلاصه تحلیل آماری مدل را نشان می‌دهد:

جدول ۷: خلاصه تحلیل آماری مدل رشد اسکار بر اساس افزایش طول

مدل	Std. Dev.	R-squared	Adjusted R-squared
Quadratic	۹/۷۷	۰/۹۹۸	۰/۹۹۲

تحلیل واریانس یک طرفه مدل درجه دوم سطح پاسخ افزایش طول ماهی اسکار، به شرح جدول ۸ می‌باشد:

جدول ۸ : تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) مدل درجه دوم افزایش طول اسکار

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	۰/۱۶	۹	۰/۰۱۸	۱۸۸/۲۹	< ۰/۰۰۱ significant
A-Temperature	۲/۰۰۰-۰۰۴	۱	۲/۰۰۰-۰۰۴	۲/۱۰	۰/۲۲۱
B-Hardness	۰/۰۴۸	۱	۰/۰۴۸	۵۰۳/۳۸	< ۰/۰۰۱
C-pH	۴/۵۰۰-۰۰۴	۱	۴/۵۰۰-۰۰۴	۴/۷۱	۰/۰۹۶
AB	۷/۰۵۵-۰۰۳	۱	۷/۰۵۵-۰۰۳	۷۳/۹۱	۰/۰۰۱
AC	۷/۶۸۴-۰۰۴	۱	۷/۶۸۴-۰۰۴	۸/۰۵	۰/۰۴۷
BC	۰/۰۱۰	۱	۰/۰۱۰	۱۰۸/۸۳	۰/۰۰۱
A2	۱/۵۱۵-۰۰۶	۱	۱/۵۱۵-۰۰۶	۰/۰۱۶	۰/۹۰۶
B2	۱/۰۶۴-۰۰۳	۱	۱/۰۶۴-۰۰۳	۱۱/۱۵	۰/۰۲۹
C2	۰/۰۴۴	۱	۰/۰۴۴	۴۵۶/۰۴	< ۰/۰۰۱
Residual	۳/۸۱۸-۰۰۴	۴	۹/۵۴۵-۰۰۵		
Lack of Fit	۸/۱۸۲-۰۰۵	۱	۸/۱۸۲-۰۰۵	۰/۸۲	۰/۴۳۲ not significant
Pure Error	۳/۰۰۰-۰۰۴	۳	۱/۰۰۰-۰۰۴		

با توجه به جدول ۸، مقدار F به‌دست آمده برای مدل معادل ۱۸۸/۲۹ است که نشان‌دهنده معنی‌دار بودن مدل می‌باشد و فقط ۰/۰۱ درصد احتمال دارد تا این مقدار F به سبب وجود noise باشد. مقادیر احتمال (prob>F) کمتر از ۰/۰۵ نشان دهنده معنی‌دار بودن اجزاء مدل یا معادله است و همانطور که مشخص است فاکتورهای C^2، B^2، BC، AC، AB و B عناصر معنی‌دار معادله هستند و مقادیر بزرگ‌تر از ۰/۱ نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اجزاء معادله است.

مقدار F برای بررسی عدم تطابق مدل نیز معادل ۰/۸۲ به دست آمد که نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن Lack of fit می‌باشد که مؤید معنی‌دار بودن مدل به‌دست آمده برای افزایش طول است.

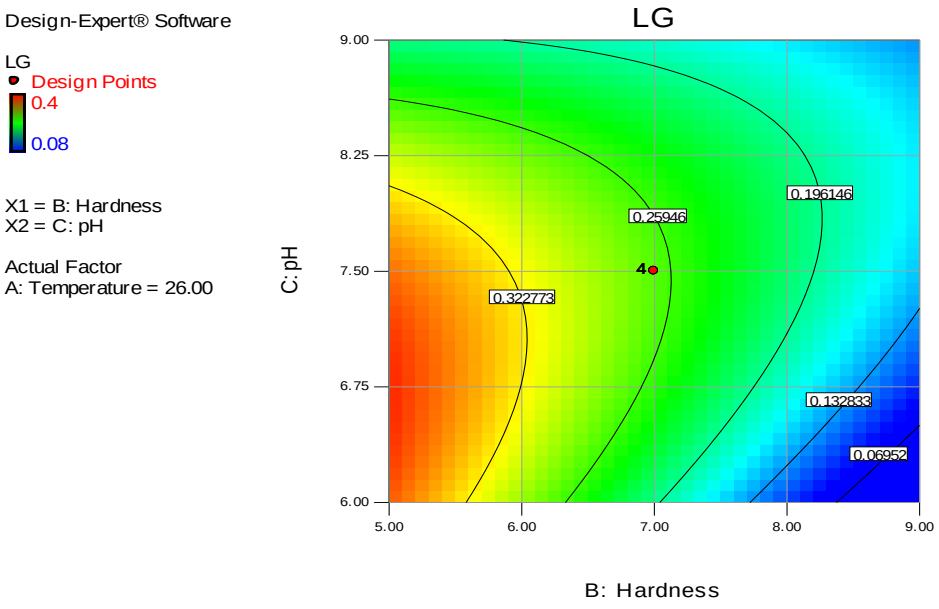
با توجه به تحلیل‌های انجام شده، معادله پاسخ افزایش طول (LG) برای ماهی اسکار به‌شرح زیر است:

$$LG=0.81–0.03*T–0.45*KH+0.45*pH+9.89*(T*KH)–4.35*(pH*T)\ +0.02*(pH*KH)+5.05*T^2\ –3.01*\ KH^2–0.03*pH^2$$

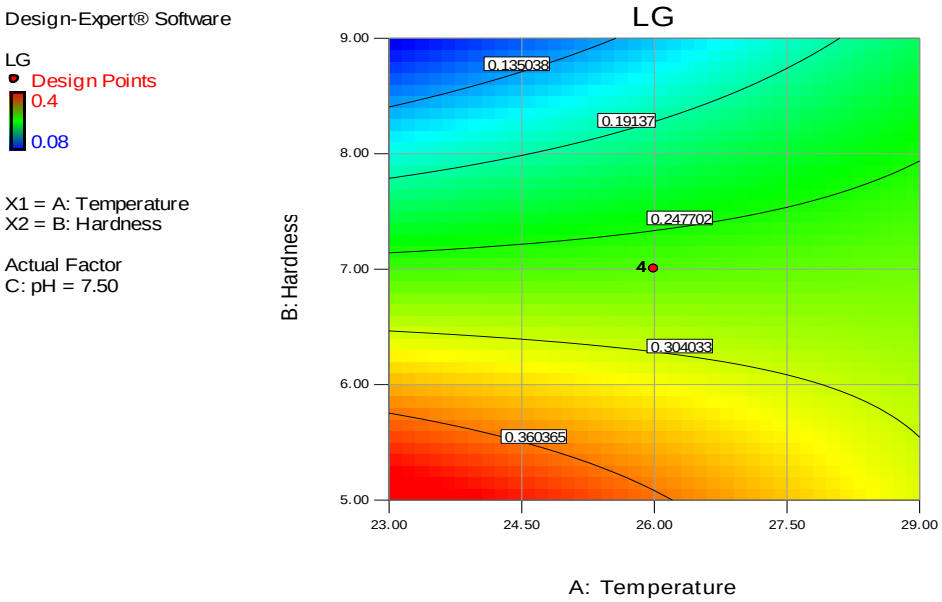
[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.6.0]

برای بررسی اثرات سه متغیر بر افزایش طول ماهی اسکار، نمودارهای مربوط به اثر هر متغیر بصورت مجزا و نمودارهای اثرات متقابل (Interaction effect) آن‌ها ارائه شده است:

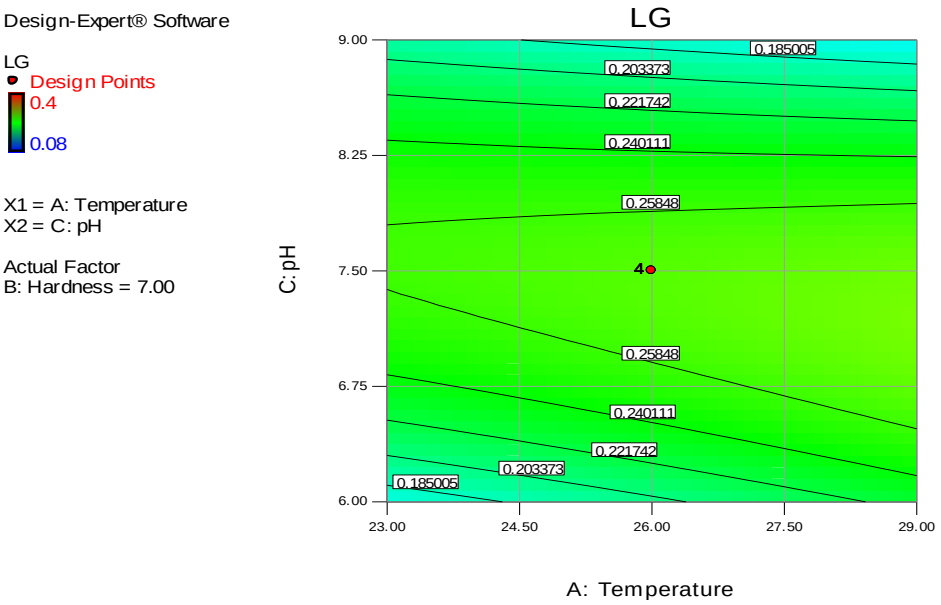


شکل ۴ : نمودار دو بعدی متغیر دما و سختی برای تعیین نقطه بهینه pH در افزایش طول ماهی اسکار



شکل ۵: نمودار دو بعدی متغیر سختی و pH برای تعیین نقطه بهینه دما در افزایش طول ماهی اسکار

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.6.0]



شکل ۶: نمودار دو بعدی متغیر دما و pH برای تعیین نقطه بهینه سختی در افزایش طول ماهی اسکار

بحث

بررسی الگوی رشد وزنی ماهی اسکار در بازه مورد بررسی، تابع معادله درجه دوم بود و فاکتور سختی بیشترین تأثیر را بر میزان تغییرات داشت. بازه دمایی بهینه برای رشد وزنی این ماهی، ۲۶-۲۳ درجه سانتیگراد ثبت گردید و pH مناسب ۸/۳-۶/۷ و سختی ۶-۵ محاسبه شد. مجله اینترنتی online aquarium fish magazine برای ماهی اسکار، بهینه pH را ۸-۶ و بازه بهینه دمایی را ۲۷-۲۲ درجه سانتیگراد معرفی کرده است. سایت theaquariumwiki.com، برای اسکار، میزان pH را ۷/۵-۶/۲، سختی آب را ۱۰-۶ درجه و دما را ۲۵-۲۲/۲ درجه سانتیگراد بیان کرده است.

طبق مطالعات جمیلی و همکاران(۱۳۸۸) با افزایش دما وزن ماهی افزایش داشته است. نیز Svelue و همکاران (۲۰۰۳) افزایش دما را یک فاکتور مؤثر بر افزایش وزن می‌داند که با تحقیق حاضر مطابقت دارد. الگوی رشد ماهی اسکار بر اساس افزایش طول، تابع معادله درجه دوم بود و سختی نیز بیشترین تأثیر را بر تغییرات داشت. بازه دمایی بهینه برای رشد طولی، مشابه شرایط بهینه برای وزن ثبت شد.

منابع

امینی، م.، ۱۳۸۵. تکثیر و پرورش ماهیان زینتی گردآوری و ترجمه، انتشارات نقش مهر، ایران. صص ۱۰۴-۱۰۲.

عمادی، ح.، ۱۳۸۹. آکواریوم و تکثیر و پرورش ماهی‌های آب شیرین. انتشارات علمی آبزیان، ۶۵ ص.

غیاثوند، ز. و شاپوری، م.، ۱۳۸۵. تأثیر رنگدانه‌های طبیعی و مصنوعی و مقایسه اثر آن‌ها بر ماهی اسکار سفید (*Astronotus ocellatus* sp.). مجله بیولوژی دریا، بهار ۱۳۸۸، دوره ۱، شماره ۱، ۸۵-۷۸.

منتجمی، س.، ذولفقاری شارک، ا. و طاهری، ا.، ۱۳۹۰. آکواریوم و ماهی‌های آکواریومی آب شیرین. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، ۳۸۵ ص.

Ghosh, S., Sinha, A. and Sahu, C., 2007. Effect of probiotic on reproductive performance in female livebearing ornamental fish. Aquaculture Research, 38:518-526.

Svelue, C., Munuswany, A. and Tacon, G.J., 2003. Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Vol.1. Argent Laboratories press, Redmond, Washington, USA. pp. 57-61.

Tavares-Dias, M. and Neves, L.R., 2017. Diversity of parasites in wild *Astronotus ocellatus* (Perciformes, Cichlidae), an ornamental and food fish in Brazil. Anais da

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.6.0]

Academia Brasileira de Ciências, 89(3 Suppl.): 2305-2315.

Tavares-Dias, M., Sousa, T.E.S. and Neves, L.R., 2014. Parasitic infections in two benthopelagic fish from Amazon: the arowana *Osteoglossum bicirrhosum* (Osteoglossidae) and Oscar *Astronotus ocellatus* (Cichlidae). Biosci J, 30: 546-555.

Yanar, M., Erdogan, E. and Kumlu, M., 2019. Thermal tolerance of thirteen popular ornamental fish species. Journal Aquaculture, 501, 382-386.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.6.0]

Optimizing the condition of rearing *Astronotus ocellatus* using statistical method Central Composition Design (CCD)

Joodaki S.[1]; Mooraki N.[1*]; Dadgar Sh.[2]

[*] Nargess_Mooraki@Yahoo.com

1-Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran
2-Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

This study was designed to determine the effects of parameters: temperature, pH and dKH on growth indices of Oscar fish (*Astronotus ocellatus*). For this purpose, in each aquarium, there was specific combinations of temperature, pH and dKH, using design of experiment with Design Expert 7.0, and in total 14 combinations or treatments, each with 3 repetitions and thus, 3 fishes were entered in each aquarium randomly. In timespan 1-30 days, the measurement of body weight and body length was done, and growth indices including: weight gain (WG) and length gain (LG) were identified. Studying of growth pattern showed that the best mathematical model to show the changes of growth indices was quadratic equation. Carbonate hardness had the most effects on weight changes. The optimum temperature was 23-26$^{\circ c}$, pH was 6.7-8.3 and dKH was 5-6. Growth pattern according to length gain, was quadratic equation. Carbonate hardness had the most effects and the optimum range was similar to optimum condition for weight gain.

Keywords: Oscarfish (*Astronotus ocellatus*), temperature, acidity, carbonate hardness, growth indices.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.6.0]