تغییرات شکل بدن و توسعه خصوصیات ریختی در طی مراحل اولیه تکوینی ماهی صبیتی (*Sparidentex hasta*)

فاطمه مشیدی[۱]، سهیل ایگدری*[۱]، سمیرا ناظم رعایا[۱]

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، صندوق پستی ۴۳۱۴-۳۱۵۸۵

تاریخ دریافت: ۱۹ خرداد ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: ۲۵ مهر ۱۳۹۴

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تغییرات شکل بدن و روند توسعه ویژگی‌های ریختی ماهی صبیتی (*Sparidentex hasta*) به‌عنوان یک گونه با ارزش اقتصادی در مراحل اولیه تکوین از زمان تفریخ تا ۳۵ روز پس از آن با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی به اجرا درآمد. برای این منظور تعداد ۵۳۱ نمونه لارو در روزهای مختلف بعد از تفریخ نمونه‌برداری شد. برای استخراج داده‌های شکل از نیمرخ چپ نمونه‌ها تصاویر دوبعدی تهیه گردید. سپس تعداد ۹ لندمارک هم‌ساخت تعریف و با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 برروی نمونه‌ها رقومی شدند. داده‌های لندمارک پس از روی‌هم‌گذاری براساس آنالیز پروکراست با استفاده از تحلیل Relative warp مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که روند تغییر شکل بدن ماهی صبیتی در مراحل اولیه تکوین به‌ترتیب شامل افزایش طول و عرض سر، توسعه ناحیه دمی و افزایش عمق بدن بود. آنالیز خوشه‌ای شکل بدن نمونه‌ها براساس الگوریتم Ward برای گروه‌بندی آن‌ها از نظر سن و اندازه نشان داد که مراحل لاروی این گونه به پنج مرحله (۱) لارو اولیه (Early larvae)، (۲) لاروی (Larvae)، (۳) پست لاروی (Post larvae)، (۴) نوجوانی اولیه Younger juvenile و (۵) نوجوانی Juvenile قابل تقسیم می باشد. همچنین تغییرات شکل بدن ماهی صبیتی در مراحل اولیه تکوین جهت رفع نیازهای زیستی این گونه براساس اولویت های حیاتی آن می‌باشد.

کلمات کلیدی: صبیتی،سیم دریایی ، ریخت‌شناسی، ریخت‌سنجی هندسی.

* عهده‌دار مکاتبات (✉)، soheil.eagderi@ut.ac.ir

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1394.9.4.6.5]

مقدمه

ماهی صبیتی (*Sparidentex hasta*) از ماهی‌های دریایی گوشتخوار مناطق گرمسیری است که در خلیج فارس و سواحل هند پراکنش دارد (Bauchot and Smith, 1984). زیستگاه این گونه نواحی ساحلی با عمق ۳۰-۲۵ متر بوده و برای تخمریزی در ماه‌های بهمن و اسفند به نقاط کم‌عمق دریا مهاجرت می‌نماید. این گونه هرمافرودیت پروتاندیک در کشورهای حاشیه خلیج فارس از جمله کویت، امارات متحده و عمان به‌صورت تجاری پرورش داده می‌شوند و بچه ماهی‌های پرورشی در طی دو سال به بلوغ می‌رسند (Kitto and Bechara, 2004). در دهه‌های اخیر، این گونه با ارزش به‌عنوان یک کاندید جدید برای آبزی‌پروری دریایی در جنوب ایران مورد توجه قرار گرفته است (Hussain *et al*., 1981). همانند سایر ماهی‌ها در صنعت آبزی‌پروری، پرورش این گونه با ارزش اقتصادی، نیازمند فرآهم آوردن اطلاعات در مورد ویژگی‌های زیست‌شناسی آن از جمله تغییرات شکل بدن در دوره اولیه تکوین می‌باشد که با اولویت‌های آن برای تامین نیازهای زیستی هماهنگ می‌باشد (Al-Abdul-Elah *et al*., 2010). لارو ماهیان در طی مراحل اولیه تکوین دستخوش تغییرات سریع ریختی می‌شوند (Osse and van den Boogaart, 1995, 1999; Gisbert, 1999, Loy *et al*., 2001). در ماهی‌های استخوانی، تغییر شکل بدن و تبدیل به شکل مینیاتوری موجود (ماهی جوان) در یک دوره زمانی کوتاه به‌وقوع می‌پیوندد (Osse *et al*., 1997)، که توانایی لازم را برای انجام بسیاری از فعالیت‌های حیاتی مانند متابولیسم، شنا، تنفس و تغذیه فراهم می نماید (Peña and Dumas, 2009). توسعه اندام‌های مختلف بدن و تغییرات ریختی ایجاد شده در مراحل اولیه تکوین می‌تواند متاثر از بیان ژن و پارامترهای محیطی باشد (Gilbert and Bolker, 2003).

مطالعات زیادی در مورد تغییرات شکل بدن ماهیان در مراحل اولیه رشد با استفاده از روش ریخت‌سنجی سنتی از جمله ماهی باس‌شنی *Paralabrax maculatofasciatus* (Peña and Dumas, 2009)، سیم‌دریایی *Sparus aurata* (Russo *et al*., 2007)، تاس‌ماهی سیبری *Acipenser baerii* (Gisbert, 1999)، تاس‌ماهی سبز *A. medirostris* (Gisbert and Doroshov, 2006) و فیل‌ماهی *Huso huso* (Gisbert *et al*., 2014) انجام شده است. روش ریخت‌سنجی سنتی برپایه اندازه‌گیری فواصل طولی بدن بوده و محدودیت‌هایی به‌ویژه برای مطالعه لارو ماهیان در مراحل اولیه تکوین که ماهی دچار تغییرات ریختی سریع و بالایی می‌گردد، دارد. روش ریخت‌سنجی هندسی (لندمارک پایه) از جمله روش‌های نوین در علم ریخت‌سنجی می‌باشد که در دهه‌های اخیر کاربرد آن در رشته‌های مختلف علوم توسعه یافته است (Bookstein, 1991; Rohlf, 1998; Zedditch *et al*., 2004). این روش ابزار مناسبی برای استخراج داده‌های مربوط به شکل بدن و تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری چندمتغیره را فراهم کرده و مصورسازی تغییرات ریختی از جمله در مراحل اولیه تکوین را امکان‌پذیر می‌نماید (Zelditch *et al*., 2004).

با توجه به فقدان اطلاعات در مورد روند تکوین ریختی ماهی صبیتی در مراحل اولیه رشدی، این تحقیق، با هدف شناخت تغییرات ریختی ماهی صبیتی در مراحل اولیه تکوین با استفاده از روش ریخت‌سنجی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1394.9.4.6.5]

هندسی به اجرا درآمد. نتایج حاصل از این تحقیق با فراهم آوردن اطلاعات پایه‌ای می‌تواند به درک بهتر تغییرات شکل بدن (اولویت‌های تکوینی) این گونه در طی مراحل اولیه تکوین کمک نموده و با شناخت بهتر روند رشد آن، در تهیه دستورالعمل‌های پرورشی لارو این گونه در برنامه‌های مدیریتی پرورشی آن مورد استفاده قرار گیرد.

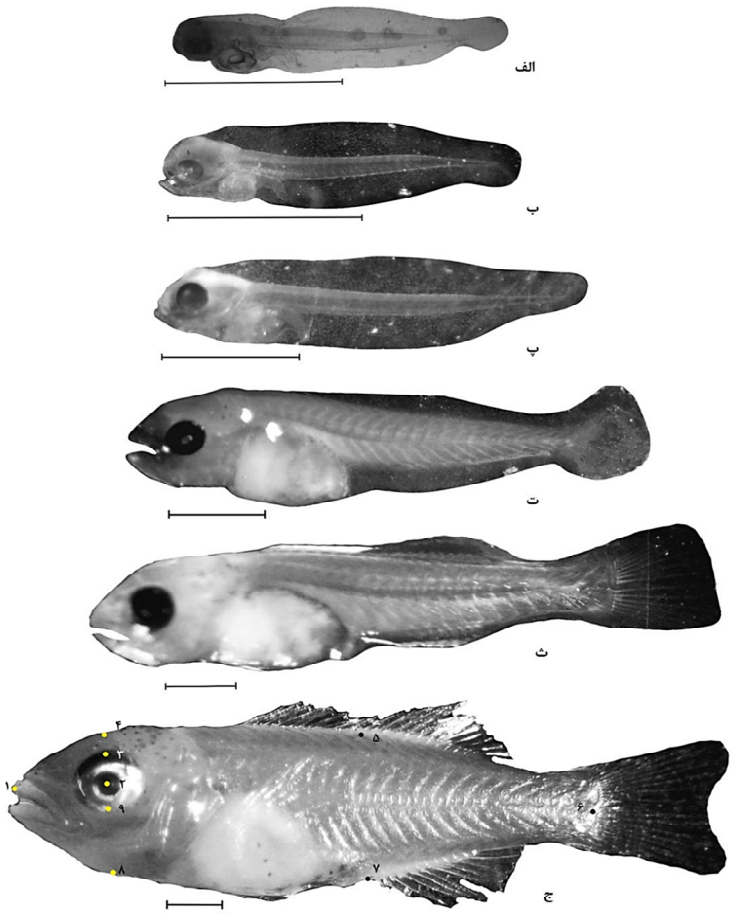
مواد و روش‌ها

روش نمونه‌برداری: مولدین نر و ماده ماهی صبیتی از مرکز تکثیر و پرورش یاران دریا واقع در روستای بندر معلم در استان هرمزگان تهیه شدند. به ترتیب تعداد ۱۴ و ۸ مولد ماده و نر با میانگین وزن ۱/۳۶ و ۰/۸۵ کیلوگرم به یک مخزن استوانه‌ای به حجم ۱۲ متر مکعب معرفی شدند. بعد از تخم‌ریزی و لقاح، تخم‌های شناور با استفاده از جریان آب و توسط توری‌هایی با چشمه ۱۵۰ میکرومتر جمع‌آوری و به انکوباتورهای استوانه‌ای-مخروطی به حجم ۳۰۰ لیتر معرفی شدند. دما و شوری آب در طول مدت انکوباسیون به ترتیب ۱°C±۲۰ و ۰/۵± ۳۴ قسمت در هزار بود. ۲۴ ساعت پس از انکوباسیون، تخم‌های تفریخ شده به مخازن ۱۰ لیتری با ظرفیت ۵۰ لارو در لیتر منتقل شدند. از روز اول بعد از تفریخ تا ۲۰ روز پس از آن، ریز جلبک نانوکلروپسیس (۱۰۶ سلول در میلی لیتر) برای تغذیه لارو به مخازن معرفی شدند و همچنین لاروها از روز دوم بعد از تفریخ تا ۲۰ روز پس از آن دو بار در روز با روتیفر و آرتمیای غنی شده با DHA تغذیه شدند. بعد از ۲۰ روز تا پایان زمان آزمایش، بچه‌ماهیان با استفاده از غذای پلت (۵۰۰-۳۰۰ میکرون) تغذیه شدند. در مدت انجام آزمایش مخازن با استفاده از لامپ فلوروسنت نوردهی شدند. نمونه‌برداری از لاروها در ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ روز بعد از تفریخ (DPH = Day Post Hatching) و سپس به صورت یک روز در میان تا ۳۵ روز پس از تفریخ انجام گرفت. نمونه‌گیری‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی انجام گرفت و در مجموع تعداد ۵۳۱ نمونه لاروی و بچه ماهی در کل دوره جمع‌آوری گردید. لاروها و بچه‌ماهیان بلافاصله پس از نمونه‌برداری در عصاره گل میخک بیهوش و سپس از نیمرخ چپ آن‌ها با استفاده از لوپ مجهز به دوربین دیجیتال (Cannon) با قدرت تفکیک ۵ مگاپیکسل مستقر بر روی استریو-میکروسکوپ Laica در بزرگنمایی‌های مختلف عکسبرداری گردید. برای محاسبه دقیق وزن لاروها از ترازوی دیجیتالی آنالیتیک با دقت ۰/۰۰۱ گرم به روش وزنی (تعداد در گرم) استفاده شد.

بررسی تغییرات شکل بدن: به‌منظور مطالعه تغییرات شکل بدن با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه، پس از تعریف تعداد ۹ لندمارک هم‌ساخت براساس ساختار شکل بدن ماهی در مراحل اولیه رشد، با استفاده از نرم‌افزارهای tpsUtil (Rohlf, 2005) از تصاویر دیجیتالی، فایل tps تهیه و با استفاده از نرم‌افزار tpsDig2 (Rohlf, 2005) رقومی شدند (شکل ۱ج). برای حذف عوامل غیر شکل شامل اندازه، جهت و موقعیت از آنالیز پروکراست (GPA) استفاده شد و سپس داده‌های حاصل از شکل بدن با استفاده از آنالیز Relative warp به منظور بررسی روند تغییرات شکل بدن مورد تحلیل قرار گرفتند (Rohlf, 1993). در این آنالیز امتیازات RW (RW1 و RW2) به‌عنوان شاخص توصیف‌کننده تغییرات شکل بدن استفاده شدند (Bookstein, 1996). همچنین برای

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1394.9.4.6.5]

ترسیم نمودارهای Relative warp از مجموع نمونه‌های هر مرحله‌ی نمونه‌برداری، شکل اجماع (میانگین) آن‌ها با استفاده از نرم افزار tpsSmall استخراج و مورد استفاده قرار گرفت. همبستگی بین شاخص‌های توصیف کننده شکل بدن یعنی RW1 و RW2 و طول کل با استفاده از آنالیز رگرسیون با ارزش P حاصل از Permutation test با ۱۰۰۰ تکرار در نرم‌افزار tpsReg مورد تحلیل قرار گرفت. نقطه عطف (Inflexion points) تغییرات شکل بدن براساس روش van Snik و همکاران (1997) تعیین شد.



شکل۱: مراحل اولیه تکوین در ماهی صبیتی (*Sparidentex hasta*)؛ (الف) DPH ۱، (ب) DPH ۳، (پ) DPH ۸، (ت) DPH ۱۸، (ث) DPH ۲۵ و (ج) DPH ۳۵ شامل لندمارک‌های تعریف شده به منظور استخراج داده‌های شکل بدن: (۱) ابتدایی‌ترین بخش فک بالا، (۲) مرکز چشم، (۳) لبه بالایی چشم، (۴) نقطه عمود از مرکز چشم بر لبه بالایی سر، (۵) نقطه عمود بر منفذ مخرج، (۶) انتهای قاعده باله دمی، (۷) منفذ مخرج، (۸) نقطه عمود از مرکز چشم بر لبه پایینی سر و (۹) لبه پایینی چشم (مقیاس نشان‌دهنده ۱ میلی‌متر است).

آنالیز خوشه‌ای بر اساس ۹ لندمارک تعریف شده و مجذور فاصله اقلیدسی با استفاده از الگوریتم Ward برای گروه‌بندی نمونه‌ها از نظر سن و اندازه انجام شد (Legendre and Legendre, 1998). در نهایت، روند

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1394.9.4.6.5]

تغییرات ریختی و تکوینی لاروها در مراحل اولیه رشد توسط استریومیکوسکوپ Laica در بزرگنمایی‌های مختلف بررسی و توصیف گردید.

نتایج

ریخت‌سنجی هندسی: میانگین طول کل و وزن ماهی صبیتی از روز اول تا ۳۵ روز بعد از تفریخ به ترتیب از ۲/۸۷ به ۱۳/۹ میلی‌متر و ۱/۹۵ به ۲۰/۹۸ میلی‌گرم افزایش یافت که بیانگر روند تغییرات طول و وزن بدن در طی روند تکوین اولیه می‌باشد. در آنالیز Relative warp، دو RW اول ۹۶/۳۹ درصد از واریانس داده‌های مربوط به تغییرات شکل بدن را به خود اختصاص دادند (RW1=٪۹۳/۱۴ و RW2=٪۳/۲۵). شکل ۲ پراکنش نمونه‌های لارو را براساس روند تغییرات شکل در امتداد محورهای RW1 و RW2 نشان می‌دهد. اعداد بیان شده از کوچک به بزرگ بیانگر روند تغییرات سن نمونه‌ها می‌باشد. براساس نتایج تحلیل Relative warp تغییرات شکل بدن در طول محور RW1 براساس سن نمونه‌ها از RW1+ به RW1– شامل: (۱) افزایش عمق بدن و (۲) طویل شدن طول و عرض سر بود. نتایج همچنین نشان داد که از روز اول تا روز هشتم پس از تفریخ پراکنش نمونه‌ها بیشتر در امتداد محور RW1 و بدون هیچ الگوی مشخصی بود. به عبارت دیگر در این دوره تنوع شکل و تغییرات مرتبط با آن بسیار بالا می‌باشد. از ۸ تا ۱۲روز پس از تفریخ روند، تغییرات شکل بدن در طول محور RW2 (از RW2- تا RW2+) براساس سن نمونه‌ها شامل تغییرات مربوط به (۱) افزایش عمق بدن و (۲) جابجایی خلفی موقعیت چشم می‌باشد. همچنین براساس نتایج از ۱۲ تا ۳۵ روز پس از تفریخ، بیشتر تغییرات در امتداد محور RW1 و مربوط به افزایش عمق بدن و افزایش طول و عرض سر می‌باشد.

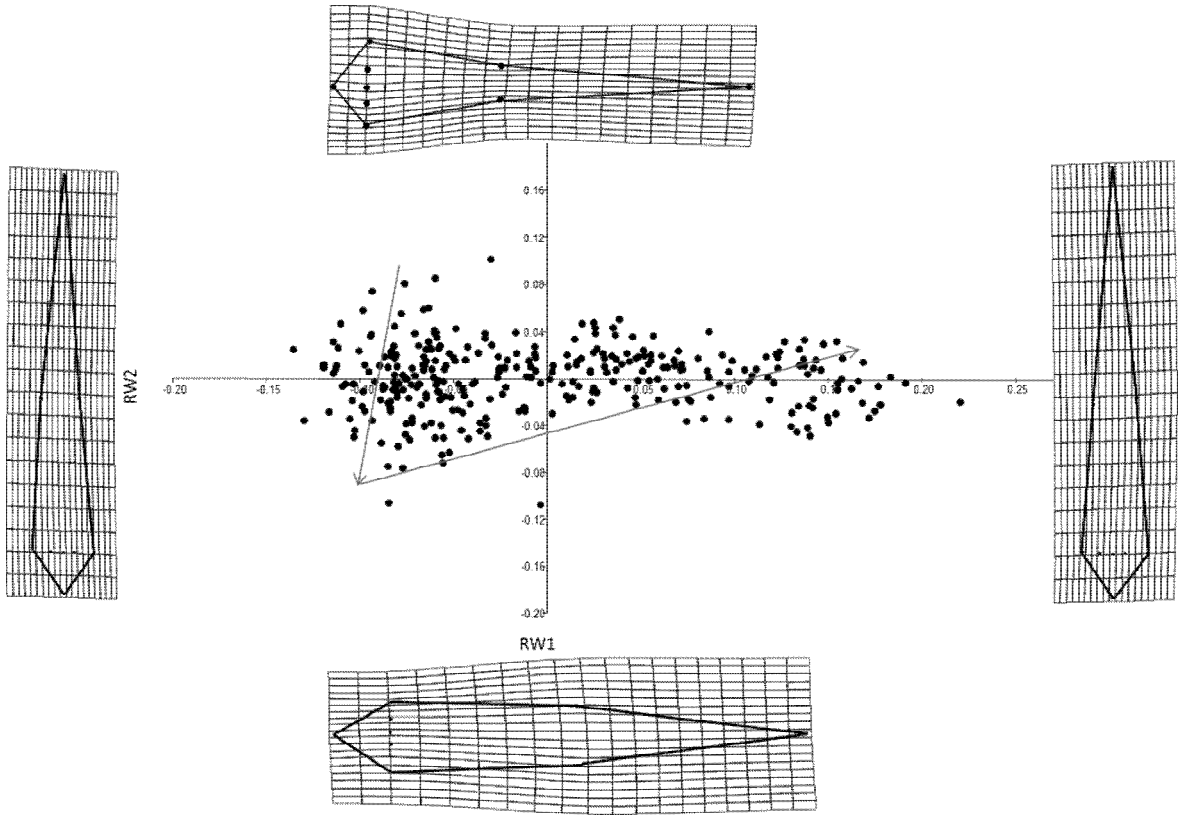
داده‌های مربوط به مدل رگرسیون تغییرات شکل بدن با استفاده از نرم‌افزار tpsReg و آزمون Goodal F با مقدار ۷۶/۸۱ درصد (P<۰/۰۰۰۱) رابطه مناسبی بین متغیرهای شکل بدن و طول کل را در مراحل اولیه رشد نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که رابطه بین شاخص توصیف کننده شکل بدن RW1 و طول کل شامل دو مرحله با یک نقطه عطف در روز ۱۲ بعد از تفریخ بود که مرحله اول قبل از عطف (TL= ۴/۰۲ و R^2= ۰/۳۵۲) و مرحله دوم بعد از نقطه عطف (R^2= ۰/۹۵۵) بود (شکل ۳).

در نهایت آنالیز خوشه‌ای داده‌های شکل بدن براساس شکل اجماع هر مرحله نمونه‌برداری، مراحل مختلف نمونه‌برداری را در پنج گروه دسته‌بندی نمود (شکل ۴). بر اساس نتایج آنالیز خوشه‌ای و با توجه به روند توسعه ویژگی‌های ریختی مراحل اولیه تکوین به پنج مرحله؛ (۱) لارو اولیه (Early larvae)، (۲) لاروی (Larvae)، (۳) پست-لاروی (Post larvae)، (۴) نوجوانی اولیه Younger juvenile و (۵) نوجوانی Juvenile قابل تقسیم بود.

تغییرات ریختی: بررسی ویژگی‌های ریخت ظاهری، نشان داد که در طول مرحله لارو اولیه، چندین ویژگی مهم ریختی شامل شکل‌گیری جوانه‌های باله سینه‌ای و رنگدانه‌دار شدن چشم‌ها (DPH 1) رخ می‌دهد (شکل ۱- الف). در روز سوم بعد از تفریخ، همزمان با جذب کامل کیسه زرده، باز شدن شکاف دهانی و منفذ مخرج نیز اتفاق افتاد (شکل ۱- ب). مهمترین ویژگی ریختی مرحله لاروی شامل مارپیچی شدن سیستم گوارش در روز هشتم بعد از تفریخ در

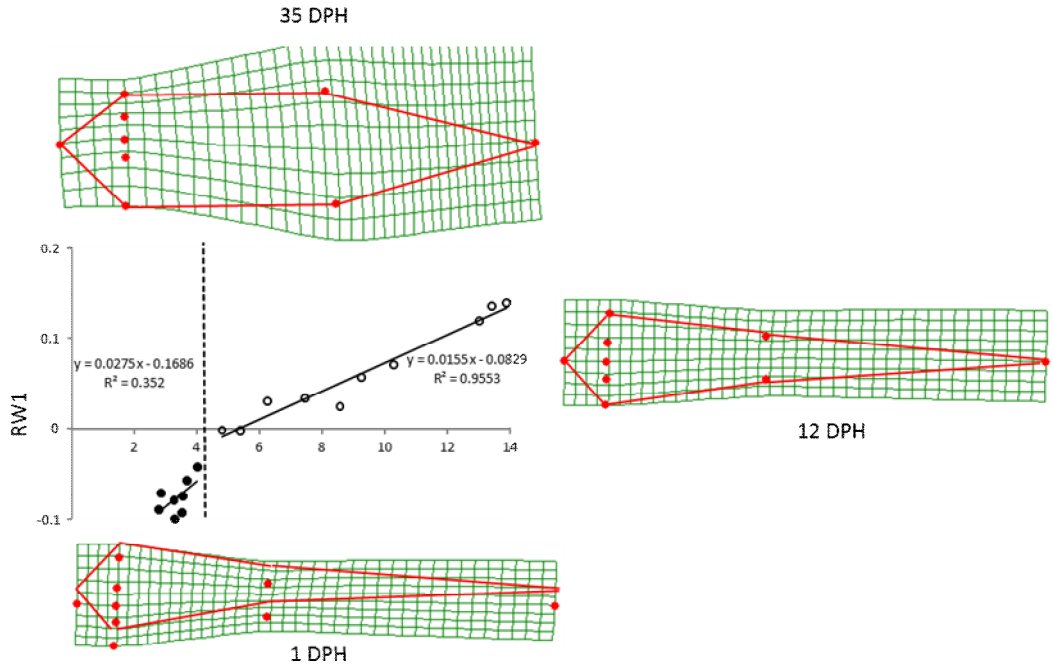
[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1394.9.4.6.5]

بخش شکمی لاروها بود (شکل ۱- پ). همزمان با شروع مرحله سوم لاروی یا پست لاروی، در روز ۱۴ بعد از تفریخ شعاع باله‌های دمی پدیدار گشته و سپس در ۱۶روز بعد از تفریخ، خم شدگی نوتوکورد و سپس در ۲۲ روز بعد از تفریخ، پیدایش و ظهور شعاع‌های باله‌های پشتی و مخرجی، مشاهده شد. در مرحله نوجوانی اولیه یا Younger juvenile، یکی از بارزترین خصوصیات ریختی، ظهور شعاع باله‌های سینه ای و لگنی در روز ۲۳ بعد از تفریخ بود. در آخرین مرحله لاروی یعنی نوجوانی (Juvenile)، ماهیان شبیه به شکل مینیاتوری ماهیان بالغ بودند و در این دوره و حدود ۳۳ روز بعد از تفریخ، شعاع سخت باله‌های مخرجی و پشتی مشاهده گردید.

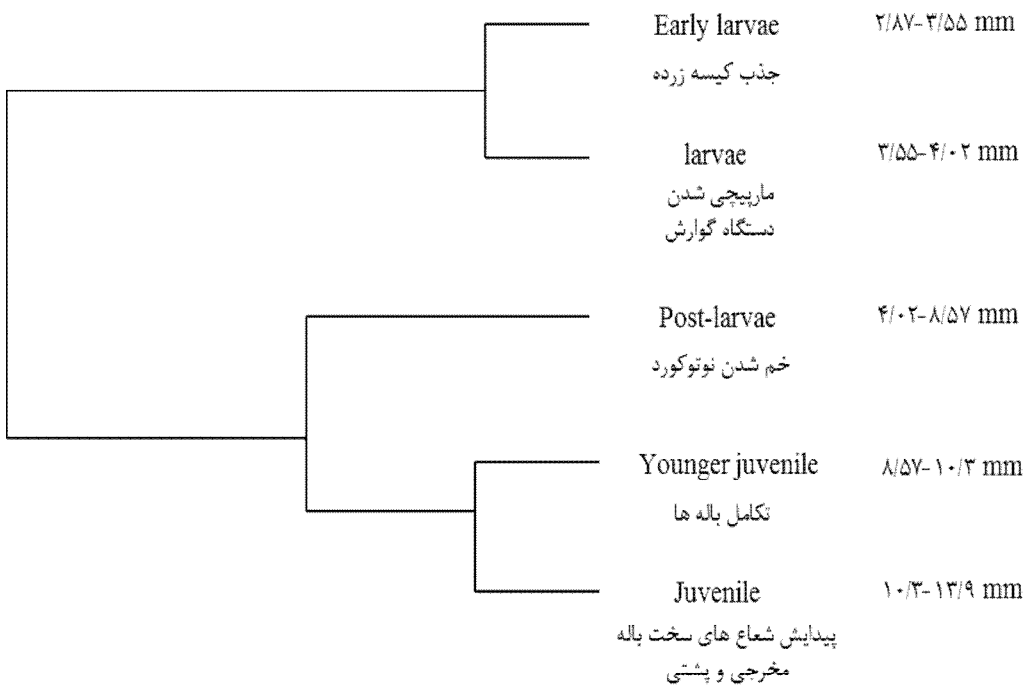


شکل ۲: پراکندگی داده‌های مربوط به آنالیز Relative warp نمونه‌های ماهی صبیتی *S. hasta* از روز اول بعد از تفریخ تا ۳۵ روز بعد از آن در طول محور RW1 و RW2. نمونه‌های کم سن‌تر از شماره ۱ و نمونه‌های با سن بیشتر با اعداد بزرگتر علامت‌گذاری شده‌اند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1394.9.4.6.5]



شکل۳: روند رشد ماهی صبیتی *S. hasta* از روز اول پس از تفریخ تا ۳۵ روز بعد از آن براساس پراکندگی داده‌های مربوط به RW1 نسبت به طول کل (خط چین نشاندهنده نقطه عطف است).



شکل۴: دندوگرام آنالیز خوشه‌ای براساس ۹ لندمارک ایجاد شده در ماهی صبیتی *S. hasta* از روز اول پس از تفریخ تا ۳۵ روز بعد از آن.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1394.9.4.6.5]

بحث

در زمان تفریخ اکثر سیستم‌های عملکردی ماهی صبیتی شامل تغذیه، تنفس و شنا هنوز بطور کامل تمایز پیدا نکرده بودند. لارو ماهی صبیتی همانند لارو سایر ماهیان دریایی در مراحل اولیه رشد به صورت پلانکتونی بوده و معمولاً دارای نرخ بالای مرگ و میر می‌باشند. بالا بودن نرخ مرگ و میر در این ماهی‌ها معمولاً به دلیل عدم تکوین سیستم‌های مهم بدن یا به عبارت دیگر ضعف سیستم‌های حسی، اسکلتی و ماهیچه‌ای در مراحل اولیه رشد می‌باشد. از این‌رو لارو این ماهی همانند سایر ماهیان استخوانی (Teleost) در مواجهه با عوامل متنوع محیطی نیازمند تغییرات سریع و به موقع در سیستم‌های عملکردی برای تعامل با محیط می‌باشند (Gisbert, 1999). اساساً این تغییرات در راستای نیازهای زیستی این گونه براساس اولویت‌های زیستی آن‌ها می‌باشد. استخراج چنین اولویت‌هایی می‌تواند به درک و شناخت مراحل مختلف لاروی یک گونه کمک نماید.

در روش‌های معمول، طبقه‌بندی مراحل لاروی ماهی‌ها بویژه در ماهیان دریایی براساس خمش (Flexion) انتهای نوتوکورد و تشکیل ساقه دمی می‌باشد. با توجه به اینکه توسعه تغییرات دم بیشتر مربوط به توانایی شنای ماهیان است، به همین دلیل این تقسیم‌بندی نمی‌تواند درک کاملی از توسعه اندام‌های مختلف، با توجه به اولویت آن‌ها را نشان دهد، چراکه ساختارهای مهمی در ناحیه سر و تنه وجود دارند که با تغذیه و تنفس موجود مرتبط می‌باشند. این ساختارها در مراحل اولیه توسعه لاروی بیشترین رشد را دارد که حاکی از اولویت توسعه این عملکردها می‌باشد (Van Snik *et al*., 1997). تغییرات سیستم‌های عملکردی براساس توسعه شکل بدن به وقوع می‌پیوندد و در واقع مراحل تکوین شکل بدن ارتباط نزدیکی با تغییرات عملکردی و در نتیجه تغییر شرایط محیطی و منابع مورد استفاده دارد (Russo *et al*., 2007). نتایج تحقیق حاضر به‌خوبی توانست براساس تغییرات شکل بدن مستخرج از روش ریخت‌سنجی هندسی و با استفاده از آنالیز خوشه‌ای، مراحل لاروی این گونه از زمان تفریخ تا ۳۵ روز بعد از آن را به پنج مرحله شامل؛ (۱) لارو اولیه (Early larvae)، (۲) لاروی (Larvae)، (۳) پست لاروی (Post larvae)، (۴) نوجوانی اولیه Younger juvenile و (۵) نوجوانی Juvenile تقسیم کند که می‌تواند یک طبقه‌بندی مناسب دوره لاروی براساس تغییرات ریختی در طی مراحل اولیه تکوین در این گونه را نشان دهد.

براساس نتایج، در مرحله لارو اولیه شکل بدن به صورت کشیده و شامل دو فاز بود. فاز اول شامل جذب کیسه زرده (از روز ۱ تا ۳ بعد از تفریخ) می‌باشد. در ماهی صبیتی همزمان با جذب کیسه زرده بسیاری از ساختارهای مربوط به تغذیه از قبیل باز شدن دهان و مخرج، عملکردی شدن چشم‌ها به‌وقوع پیوست. فاز دوم مرحله لارو اولیه با جذب کیسه زرده (از روز ۳ تا ۸ بعد از تفریخ) شامل توسعه اندک ارتفاع سر و در نتیجه توسعه ساختار دهان بود که این امر می‌تواند به دریافت غذاهای بزرگ‌تر کمک نماید (Houde, 1987). براساس نتایج، در مرحله لارو اولیه هیچ الگوی مشخصی از تغییر شکل بدن مشاهده نگردید. به عبارت دیگر، تنوع شکل بدن در لاروهای ماهی صبیتی در مرحله اولیه رشد تا روز هشتم پس از تفریخ بسیار بالا بود و از الگوی خاصی تبعیت نمی‌کرد. اساساً در ماهی‌ها، افرادی امکان بقاء پیدا می‌کنند که از نظر

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1394.9.4.6.5]

شکل بدن توانایی سازش بیشتری با شرایط محیطی داشته باشند (Dettlaff *et al*., 1993). بنابراین به‌نظر می‌رسد که دلیل تنوع بالای شکل‌بدن لاروهای ماهی صبیتی در طی این دوره، مربوط به وجود گروه‌های شکلی متنوع باشد که در مراحل بعدی به‌دلیل تلفات بالا در مراحل اولیه تکوین این تنوع از بین رفته و گروه خاص با شکل بدن مناسب بقاء یافته‌اند. در مراحل بعدی تکوین لاروی چنین الگویی مشاهده نگردید.

در مرحله لاروی عمده تغییر شکل بدن مربوط به توسعه ناحیه سر و ساختار دهان بود در این مرحله ظهور سیستم گوارش مارپیچی به اندازه‌ای توسعه یافته بود که لارو می‌توانست تغذیه اتفاقی را انجام دهد. رشد سر یک ویژگی معمول در انتوژنی اولیه ماهیان استخوانی می‌باشد (Van Snik *et al*., 1997) و با تکوین مغز، اندام‌های حسی، تغذیه‌ای و تنفسی مرتبط می‌باشد (Gisbert, 1999; Loy *et al*., 2001; Gisbert and Doroshov, 2006).

خمش نوتوکورد و توسعه طول و عمق دم در مرحله پست لاروی، بعنوان یک رویداد مهم تکوینی در ماهی صبیتی بود. با توجه به جذب کیسه زرده در سه روز اول، توسعه توانایی شنای لارو این گونه اهمیت بالایی دارد، چرا که در این زمان لارو ماهیان نیازمند تغذیه تا بیش از ۵۰ درصد وزن بدن خود برای تامین رشد معمول می‌باشند (Houde and Zastrow, 1993). به‌علاوه در این مرحله توسعه شنا در لاروها به منظور فعالیت‌های مربوط به فرار از شکارچی نیز ضروری می‌باشد (Osse and Vanden Boogaat, 1995, 1999).

در مراحل بعدی تکوین، تغییرات شکل بدن ماهی صبیتی عمدتاً بر افزایش نسبی عمق بدن متمرکز بود و این تغییر با پیدایش کامل باله‌ها همراه بود. افزایش عمق بدن در ماهیان می‌تواند مربوط به قابلیت مانورپذیری درستون آب (Ontario, 2011) و با توجه به شکارچی بودن ماهی صبیتی و تغذیه از ستون آب، به نظر می‌رسد که قابلیت مانورپذیری بالا در روند شکل‌گیری یک موجود بالغ و تغییر جایگاه زندگی و تغذیه از منابع مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است.

در نهایت نتایج این تحقیق نشان داد که شکل بدن ماهی صبیتی همگام با اولویت‌های زیستی موجود و اهمیت رشد بخش‌های مختلف در هر مرحله تکوین می‌باشد. از این‌رو شناخت این تغییرات مهم که با نیازهای موجود در ارتباط است ما را در درک بهتر نیازهای موجود و پرورش لارو این گونه کمک می‌کند.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم از زحمات کلیه کسانی که مارا در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

منابع

1. Al-Abdul-Elah, K., Al-Albani, S., Abu-Rezq, T., El-Dakour, S., Al-Marzouk, A., James, C., 2010. Effects of changing photoperiods and water temperature on spawning season of sobaity, *Sparidentex hasta*. Kuwait Institute for Scientific Research, Report No. KISR 10029, Kuwait.
2. Bauchot, M.L., Smith, M.M., 1984. FAO species identification sheets for fishery purposes. In: Fischer, W., Bianchi, G. (Eds.) Western Indian Ocean (Fishing Area 51). Rome.
3. Bookstein, F.L., 1991. Morphometric tools for landmark data. Geometry and biology. Cambridge, Cambridge University Press.
4. Bookstein, F.L., 1996. Combining the tools of geometric morphometry. In: Marcus, L. F., Corti, M., Loy, A., Naylor, G. J. P. & Slice, D.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1394.9.4.6.5]

E. (Eds), Advances in Morphometry, New York: Plenum Press. pp. 131–152.

5. Dettlaff, T.A., Ginsburg, A.S., Schmalhausen, O.I., 1993. Sturgeon Fishes. Developmental Biology and Aquaculture. Berlin: Springer-Verlag.
6. Gilbert, S.F., Bolker, J.A., 2003. Ecological developmental biology: preface to the symposium. Evolution and Development. Vol. 5, pp.3-8.
7. Gisbert, E., 1999. Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance. Journal of Fish Biology. Vol. 54, pp: 852–862
8. Gisbert, E., Doroshov, S.I., 2006. Allometric growth in green sturgeon larvae. Journal of Applied Ichthyology. Vol. 22, pp.202-207.
9. Gisbert, E., Asgari, R., Rafiee, G., Agh, N., Eagderi, S., Eshaghzadeh, H., Alcaraz, C., 2014. Early development and allometric growth patterns of beluga *Huso huso* (Linnaeus, 1758). Journal of Applied Ichthyology. Vol.30, pp.1264-1272.
10. Houde, E.D., 1987. Fish early life dynamics and recruitment variability. American Fisheries Society. Vol. 2. pp: 17-29.
11. Houde, E.D., Zastrow, C.E., 1993. Ecosystem- and taxon-specific dynamic and energetics properties of larval fish assemblages. Bulletin of Marine Science. Vol. 53, pp.290-335.
12. Hussain, N., Akatsu, S., El-Zahr, C., 1981. Spawning, egg and early larval development, and growth of *Acanthopagrus cuvieri* (Sparidae). Aquaculture. Vol. 22, pp.125-136.
13. Kitto, M.R., Bechara, G.P., 2004. Business aquaculture in Kuwait – challenges and solutions. World Aquaculture. Vol.35)2), pp.58-60.
14. Legendre, P., Legendre, L., 1998. Numerical Ecology, 2nd edn. Amsterdam: Elsevier Science B.V.
15. Loy, A., Bertelletti, M., Costa, C., Ferlin, L., Cataudella, S., 2001. Shape changes and growth trajectories in the early stages of three species of the genus *Diplodus* (Perciformes, Sparidae). Journal of Morphology. Vol. 250, pp.24-33.
16. Ontario, B., 2011. Fish morphology. Retrieved from http://www.eoearth.org.
17. Osse, J.W.M., van den Boogart, J.G.M., 1995. Fish larvae, development allometric growth, and the aquatic environment. Paper presented at the ICES Marine Science Symposium. Vol. 201, pp.21-34.
18. Osse, J., Van Den Boogaart, J., Van Snik, G., Van Der Sluys, L., 1997. Priorities during early growth of fish larvae. Aquaculture. Vol. 155, pp.249-258.
19. Osse, J.W.M., Vanden Boogaart, J.G.M., 1999. Dynamic morphology of fish larvae, structural implications of friction forces in swimming, feeding and ventilation. Journal of Fish Biology. Vol. 55, pp.156-174.
20. Peña, R., Dumas, S., 2009. Development and allometric growth patterns during early larval stages of the spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: Serranidae). Scientia Marina. Vol. 73, pp.183-189.
21. Rohlf, F.J., 1993. Relative warp analysis and an example of its application to mosquito wings. In: Marcus, L.F., Garcia-Valdecasas, A.E. (eds.), Contributions to morphometrics. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, pp.131-159.
22. Rohlf, F.J., Marcus 1998. On applications of geometric morphometrics to studies of ontogeny and phylogeny. Systematic Biology. Vol. 47 (1), pp.147-158.
23. Rohlf, F.J., 2005. http://life.bio.sunysb.edu/ee/rohlf/software.html.
24. Russo, T., Costa, C., Cataudella, S., 2007. Correspondence between shape and feeding habit changes throughout ontogeny of gilthead sea bream *Sparus aurata* L., 1758. Journal of Fish Biology. Vol. 71, pp.629-656
25. Van Snik, G.M.J., van den Boogaart, J.G.M., Osse, J.W.M., 1997. Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to finfold. Journal Fish Biology. Vol. 50, pp.1339-1352.
26. Zelditch, M.L., Swiderski, D.L., Sheets, H.D., Fink, W.L., 2004. Geometric Morphometrics for biologists: A primer. Elsevier (USA). P. 435.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1394.9.4.6.5]