

مطالعه مقایسه‌ای ویژگی‌های ریخت‌شناختی 5 گونه از ماهیان جنس مروارید ماهی (Cyprinidae: *Alburnus*) در آب‌های داخلی ایران با استفاده از سیستم شبکه‌ای تراس

- سیده‌سمیه خاتمی‌نژاد: گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، صندوق‌پستی: 41355-19141
- سیدحامد موسوی‌ثابت*: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، صندوق‌پستی: 1144
- مسعود ستاری: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، صندوق‌پستی: 1144
- صابر وطن‌دوست: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی مازندران، بابل، صندوق‌پستی: 755

تاریخ دریافت: بهمن 1392 تاریخ پذیرش: اردیبهشت 1393

چکیده

در این مطالعه ویژگی‌های ریخت‌شناختی 5 گونه از ماهیان جنس مروارید ماهی به نام‌های *Alburnus chalcoides*، *A. filippii*، *A. atropatena*، *A. mossulensis* و *A. hohenackeri* به روش سیستم شبکه‌ای تراس مورد بررسی قرار گرفتند. تعداد 300 قطعه ماهی از اردیبهشت 89 تا مهر 91 از رودخانه‌های بابلرود، بالقلوچای، میریسه، گاماسیاب و به‌وسیله الکتروشوکر جمع‌آوری شدند. 105 فاصله تراس بین 15 لندمارک در 300 نمونه اندازه‌گیری شد. در نتایج حاصله از تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) برای ویژگی‌های ریخت‌سنجی اصلاح شده، از 105 ویژگی مورد بررسی در بین نمونه‌ها، تمام صفات دارای تفاوت معنی‌دار ($P < 0/05$) بودند. آنالیز فاکتورهای اصلی برای داده‌های مورفومتریک نشان داد که 14 فاکتور اول از میان 105 فاکتور ایجاد شده بین 5 گونه مورد بررسی، از 96/33 درصد تنوع صفات ریختی برخوردار می‌باشند. مطابق با نتیجه حاصل از ترسیم مولفه اول به دوم در آزمون تفکیک متعارف نشان داده شده است که سه گونه *A. atropatena*، *A. filippii* و *A. mossulensis* دارای همپوشانی بالا با یکدیگرند و گونه‌های *A. chalcoides* و *A. hohenackeri* از سایر گونه‌ها به‌طور کامل جدا شدند. نتایج حاصل از آزمون کلاستر نیز جدایی کامل گونه‌ها به لحاظ خصوصیات ریخت‌سنجی از یکدیگر را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: *Alburnus*، سیستم شبکه‌ای تراس، ریخت‌سنجی، ایران

مقدمه

ماهیان جنس *Alburnus* متعلق به خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) هستند (Adelli، 1999) که در حدود 38 گونه از آن در اروپا، شمال و جنوب غربی آسیا، تشخیص داده شده‌اند (Bzulug و Freyhof، 2007؛ Kottelat و Freyhof، 2007؛ Bogutskaya و همکاران، 2000). 7 گونه از این جنس در ایران وجود دارد که عبارتند از: *A. chalcoides*، *A. zagrosensis*، *A. atropatena*، *A. caeruleus*، *A. hohenackeri*، *A. filippii* و *mossulensis* (Coad، 2013).

در گذشته تصور می‌شد که تغییرات ریختی صرفاً ژنتیکی است، اما امروزه مشخص شده که منشأ این تغییرات هم محیطی و هم ژنتیکی است و حتی در پاره‌ای از

موارد اختلافات ریخت‌شناسی صرفاً ناشی از محیط بوده و اختلافات ژنتیکی هیچ نقشی در آن ندارد (Swain و Foote، 1999؛ Tudela، 1999).

در 50 سال گذشته، مطالعات ریخت‌سنجی بر پایه مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌های سنتی شکل گرفته است (Hubbs و Lagler، 1947). از لحاظ توصیف اختلاف در شکل کلی بدن این مجموعه از اندازه‌گیری‌های سنتی دارای ضعف‌ها و معایبی می‌باشد. از جمله این‌که غالب این اندازه‌گیری‌ها تنها بر پایه محور طولی بدن تنظیم گردیده و فاقد اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری‌های مورب می‌باشد. همچنین بیش‌تر این اندازه‌گیری‌ها بر روی سر انجام گرفته و مناطق و جهتهای

1982) و بین دو لندمارک روی بدن یا قسمت‌های بدن در هر فرد اندازه‌گیری می‌شود، برخی اوقات زوایای قرار گرفته بین سه لندمارک نیز به‌کار گرفته می‌شود (Meyer، 1987).

از این‌رو این مطالعه با هدف بررسی تغییرات ریختی بین 5 گونه از ماهیان جنس *آلبورنوس* در ایران با روش تراس به‌اجرا درآمد. این تحقیق به درک بهتر ویژگی‌های ریختی اعضای این گروه کمک خواهد نمود، چرا که شناسایی اعضای این جنس در ایران براساس ویژگی‌های اندازه‌شی و شمارشی است که در بسیاری از موارد هم-پوشانی بالایی با یکدیگر دارند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق جمعاً 300 قطعه ماهی از اردیبهشت 89 تا مهر 91 از رودخانه‌های بابلرود، بالفوچای، مهابادچای، میریسه و گاماسیاب به‌وسیله الکتروشوکر صید گردید و سپس نمونه‌ها در فرمالین 10 درصد تثبیت شدند. مشخصات جغرافیایی مناطق تحت نمونه‌برداری (شکل 1) در جدول 1 آورده شده است.

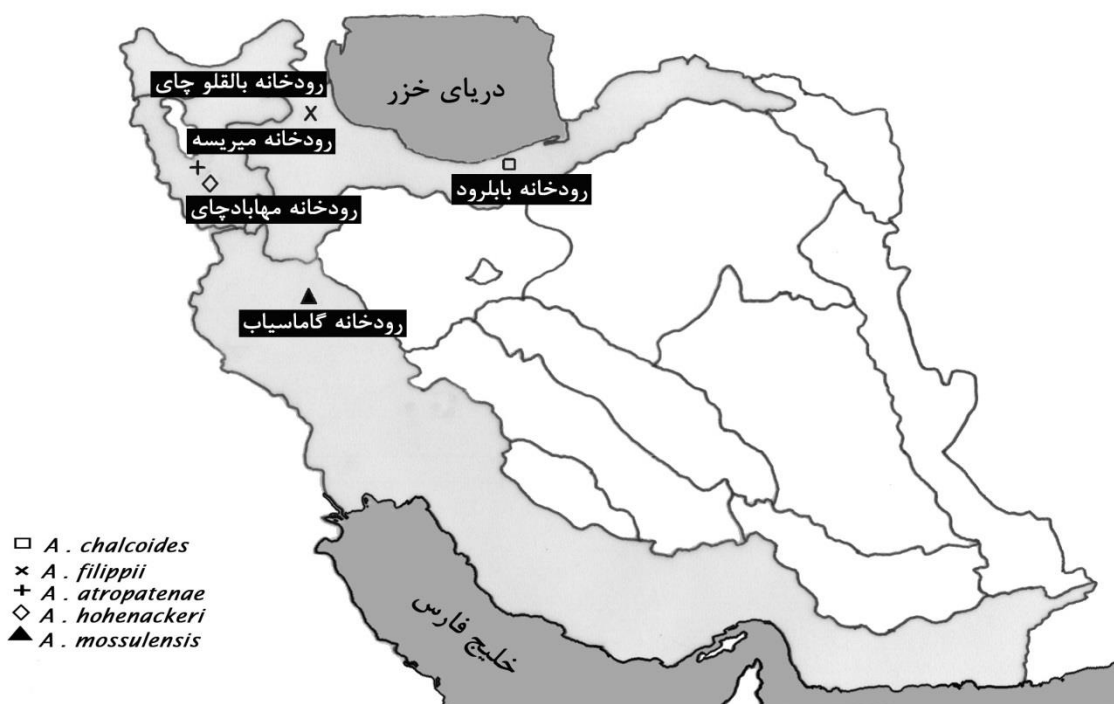
در هر رودخانه یک ایستگاه انتخاب و در هر ایستگاه یکبار نمونه‌برداری انجام شد. در آزمایشگاه ماهی‌شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، ماهیان هر ایستگاه علامت و شماره‌گذاری شدند. تهیه عکس از نمونه‌ها توسط دوربین دیجیتال Canon Power Shot SX 30 IS و به‌کمک یک پایه عمود بر سطح جهت عکس‌برداری از یک ارتفاع ثابت انجام گرفت. از همه نمونه‌ها تحت شرایط یکسان و با فاصله ثابت 30 سانتی‌متری عکس‌برداری شد. تصاویر مربوط به هر ایستگاه به‌صورت جداگانه به رایانه منتقل شدند (Cadrin و Friedland، 1999). برای تهیه داده‌ها و به‌منظور بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناختی نمونه‌ها از سیستم شبکه‌ای تراس استفاده شد (Bookstein، 1985؛ Struass و Bookstein، 1982).

مختلف به‌طور یکسان پوشش داده نمی‌شود. بعضی از قسمت‌های بدن دارای پوشش متراکم و سایر قسمت‌ها فاقد پوشش بودند و بعضی از نقاط نظیر نوک پوزه و انتهای ستون مهره به‌طور تکراری مورد استفاده قرار می‌گرفت که هر گونه عدم اطمینان از موقعیت صحیح آن‌ها تأثیر منفی را به‌دنبال داشت (Bookstein و Struass، 1990؛ Moyle و Schreck، 1982).

محاسبات ریخت‌سنجی‌های سنتی در سال 1960 و 1970 رواج یافت که اجازه انجام هم‌زمان آنالیز ویژگی‌های چندگانه را می‌داد و همچنین یک پیشرفت آشکار در روش تک متغیره بود (به‌طور مثال Jolicoeur، 1963) به‌هرحال گزارش محدودیت‌های روش‌های سنتی به‌طور فزاینده افزایش یافت تا انقلابی در مطالعات ریخت‌سنجی، طی سال‌های 1980 و 1990 از طریق مرکز توجه قرار دادن موقعیت‌های هندسی لندمارک‌ها به‌وجود آمد (Adams و همکاران، 2003؛ Bookstein، 1996؛ Marcus و Rohlf، 1993). ریخت‌سنجی براساس شبکه تراس، برای شناسایی ذخایر (Bronte و Moore، 2007؛ Shao و همکاران، 2007)، تفکیک گونه‌ها (Palma و Andrade، 2002)، رشدشناسی (Debowski و همکاران، 1999؛ Hard و همکاران، 1999) و ریخت‌شناسی (Dean و همکاران، 2006) به‌کار گرفته می‌شود. سیستم تراس فاقد ضعف‌ها و معایب روش‌های سنتی ریخت‌سنجی بوده و کل بدن را به‌طور منظم پوشش می‌دهد. همچنین در این روش می‌توان میانگین شکل کلی افراد را برای جمعیت‌ها به‌دست آورد (Moyle و Schreck، 1990).

امروزه سیستم اندازه‌گیری ریخت‌سنجی تراس (Truss) به‌منظور تعیین تفاوت میان گونه‌ها و به‌خصوص جمعیت‌ها به‌طور فزاینده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. این سیستم شامل مجموعه منظمی از فواصل بوده که این فواصل بین یک‌سری نقاط از پیش طراحی شده که به آن‌ها نقاط نشانه یا لندمارک (Landmark) می‌گویند که قادر به استخراج بهتر شکل بدن می‌باشد. در این روش متغیرها فواصل خطی هستند که تراس نامیده شدند (Bookstein و Strauss، 1990).





شکل 1: نقشه‌ای از مناطق نمونه‌برداری شده

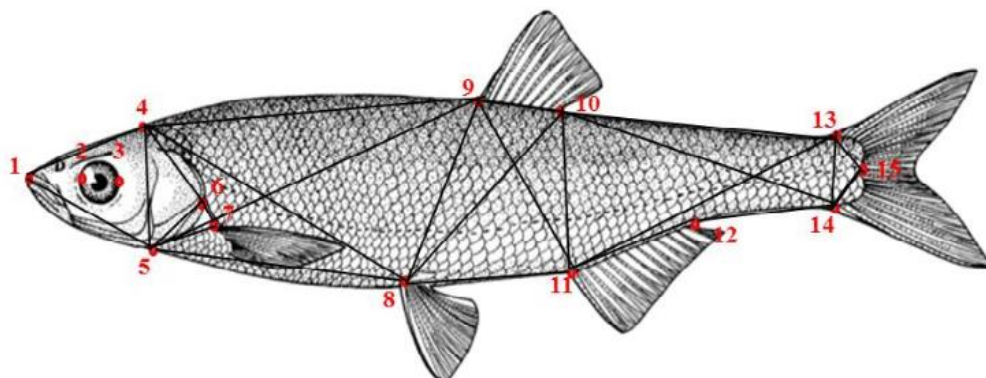
جدول 1: مناطق نمونه‌برداری شده، استان مربوطه، مختصات جغرافیایی منطقه و گونه تحت نمونه‌برداری

تعداد	گونه تحت نمونه برداری	مختصات جغرافیایی	استان	منطقه
62	<i>Alburnus chalcoides</i>	°36 39' 21/64" N و °52 38' 22/08" E	مازندران	رودخانه بابلرود
48	<i>Alburnus filippii</i>	°38 02' 21" N و °48 02' 58" E	اردبیل	رودخانه بالفوچای
58	<i>Alburnus atropatena</i>	°36 29' 56/99" N و °45 33' 54/64" E	آذربایجان غربی	رودخانه میریسه
59	<i>Alburnus hohenackeri</i>	°36 48' 56/8" N و °45 44' 15/66" E	آذربایجان غربی	رودخانه مه‌بادچای
73	<i>Alburnus mossulensis</i>	°34 05' 53" N و °48 25' 21" E	همدان	رودخانه گاماسیاب

لندمارک‌ها بر روی سمت چپ بدن ماهی ترسیم شد. نرم-افزار tpsDig همانند جدول مختصات عمل کرده، هر لندمارک شامل X و Y می‌باشد. داده‌ها با فرمت tps ذخیره و برای نرمال و استانداردسازی به جهت حذف اثر اندازه از داده‌ها، وارد نرم‌افزار Excel شدند و جهت ادامه مراحل آنالیز داده‌ها وارد نرم‌افزار past شدند. شکل 2 الگوی سیستم تراس را در ماهی شاه کولی نشان می‌دهد.

ابتدا تصاویر توسط نرم‌افزار tpsUtil vesion 1/44 (Rohlf، 2006a) مرتب شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار tpsDig version 2/16 (Rohlf، 2004) و با استفاده از ابزار Digitize landmarks، 11 لندمارک دور تا دور حاشیه بیرونی بدن ماهی و 4 لندمارک روی سر و بدن ماهی انتخاب گردید (شکل 2). در ضمن ایجاد لندمارک سعی گردید که محل نقطه‌گذاری در تمامی تصاویر، دقیق و مشابه باشند. در مجموع تعداد 105 فاصله (Interlandmarks) مابین





شکل 2: الگوی سیستم تراس (Bookstein و Strauss، 1982) و موقعیت لندمارک‌ها و شبکه تراس حاصل از اتصال لندمارک‌ها در سمت چپ ماهی شاهکولی (*A. chalcoides*): 1. نوک دهان 2. ابتدای چشم 3. انتهای چشم 4. نقطه شروع فلس در سطح پشتی 5. فائده درپوش آبششی 6. انتهای درپوش آبششی 7. ابتدای باله سینه‌ای 8. ابتدای باله شکمی 9، 10. قسمت قدامی و خلفی باله پشتی 11، 12. بخش قدامی و خلفی باله مخرجی 13. قسمت بالایی شروع باله دم 14. قسمت پایینی شروع باله دم 15. قسمت میانی انتهای ساقه دم

آلومتریک با موفقیت حذف شده است و اگر اختلافی بین گروه‌ها وجود داشته باشد ناشی از تفاوت در شکل و ماهیت صفات است (Turan و همکاران، 2005).

برای تعیین اختلاف بین گونه‌های مورد مطالعه در هر یک از صفات از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way-ANOVA) استفاده شد. آزمون تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA: Principle components Analyze) انجام شد و در مورد هر یک از صفات استخراج شده، صفات اصلی مشخص گردید. صفاتی که مقادیر آن‌ها در هر فاکتور بیش از 0/4 بود (Anvari Far، 2011) انتخاب شدند. البته در تجزیه به عامل‌ها از میزان آماره KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) استفاده شد به طوری که اگر مقدار این ضریب بزرگتر از 0/6 باشد بیان‌کننده این است که روش تجزیه به عامل‌ها مناسب است (AnvariFar و همکاران، 2011؛ Nimalathasan، 2009؛ Field، 2000؛ Elliott و همکاران، 1995؛ Kaiser، 1974).

آزمون تفکیک متعارف Canonical discrimination analysis (CVA) نیز به منظور میزان تمایز گونه‌ها به‌کار گرفته شد. آنالیز خوشه‌ای صفات ریخت‌سنجی مطلق و نسبی بر اساس فاصله اقلیدسی توسط نرم‌افزار NTSYSpc (Rohlf، 2006 و 1998) رسم گردید. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شد.

نتایج

هیچ‌کدام از ویژگی‌های ریخت‌سنجی اصلاح شده با طول استاندارد اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول 2) و بنابراین فرمول آلومتریک به‌طور موفقیت‌آمیزی اثر اختلاف اندازه را از داده‌ها حذف نموده بود.

از آن‌جاکه ویژگی‌های ریخت‌شناسی برخلاف ویژگی‌های شمارشی در سرتاسر دوران زندگی ثابت نمی‌باشد و با اندازه بدن ماهی ارتباط دارد (Poulet و همکاران، 2004)، به‌طور پیوسته‌ای با افزایش اندازه بدن تغییر می‌کند بنابراین باید اثر اندازه را حذف نمود. معمولاً در مطالعات ریخت‌سنجی ماهیان، به‌جز در مواردی که هدف، تعیین اختلاف در اندازه متوسط دو گروه از ماهیان باشد، اثر اختلاف اندازه نمونه‌ها از تغییرات شکل بدن حذف می‌گردد (Schreck و Moyle، 1990) چرا که اختلاف بین گروه‌ها می‌بایست ناشی از اختلاف شکل بدن باشد و نه اختلاف در اندازه نسبی آن‌ها (Turan و همکاران، 2004) به‌همین دلیل اصلاح داده‌های خام ریخت‌سنجی به متغیرهایی که مستقل از اندازه بدن بوده و تنها اختلاف شکل را نشان می‌دهند، نخستین گام در تحلیل آماری داده‌های ریخت‌سنجی می‌باشد (Turan، 1999).

به‌منظور حذف اندازه، داده‌های مورفومتریک قبل از تجزیه و تحلیل به‌کمک فرمول Elliott استاندارد شدند (Elliott و همکاران، 1995). استاندارد کردن داده‌های مورفومتریک تغییرات ناشی از رشد آلومتریک را کاهش خواهد داد (Karakousis و همکاران، 1999). در فرمول الیوت:

$$M(t) = M(o) (L / L(o))^b$$

M_t مقادیر استاندارد شده صفات، M_o طول صفات مشاهده شده، L میانگین طول استاندارد برای کل نمونه‌ها و برای همه مناطق، L_o طول استاندارد هر نمونه، b ضریب رگرسیونی بین $\log L_o$ و $\log M_o$ برای هر منطقه می‌باشد.

سپس آزمون همبستگی بین اندازه‌های تصحیح شده و طول استاندارد با هدف بررسی تأثیر حذف اثر اندازه از داده‌ها انجام شد. نتیجه آزمون هیچ‌گونه همبستگی معنی‌داری را نشان نداد و این بدین معنی است که اثر رشد

جدول 2: نتایج تحلیل واریانس F یک‌طرفه و سطح احتمال P صفات ریخت‌سنجی اصلاح شده با سیستم شبکه‌ای 5 گونه از ماهیان جنس



Alburnus در ایران

صفت	مقدار F	احتمال P	صفت	مقدار F	احتمال P	صفت	مقدار F	احتمال P
1-2	17/894	0/000	3-11	48/411	0/000	7-9	18/036	0/000
1-3	77/807	0/000	3-12	53/225	0/000	7-10	10/613	0/000
1-4	128/087	0/000	3-13	21/959	0/000	7-11	31/313	0/000
1-5	89/504	0/000	3-14	28/529	0/000	7-12	94/307	0/000
1-6	125/125	0/000	4-5	322/410	0/000	7-13	104/157	0/000
1-7	142/529	0/000	4-6	97/377	0/000	7-14	130/159	0/000
1-8	79/523	0/000	4-7	288/839	0/000	8-9	99/442	0/000
1-9	51/918	0/000	4-8	61/563	0/000	8-10	32/590	0/000
1-10	121/486	0/000	4-9	27/759	0/000	8-11	11/633	0/000
1-11	80/843	0/000	4-10	16/511	0/000	8-12	57/150	0/000
1-12	25/596	0/000	4-11	41/365	0/000	8-13	25/492	0/000
1-13	46/677	0/000	4-12	62/065	0/000	8-14	31/295	0/000
1-14	37/060	0/000	4-13	32/726	0/000	9-10	61/334	0/000
2-3	89/932	0/000	4-14	22/793	0/000	9-11	183/932	0/000
2-4	121/426	0/000	5-6	82/549	0/000	9-12	26/394	0/000
2-5	130/764	0/000	5-7	41/496	0/000	9-13	20/874	0/000
2-6	156/533	0/000	5-8	6/427	0/000	9-14	28/947	0/000
2-7	172/237	0/000	5-9	34/705	0/000	10-11	103/565	0/000
2-8	80/127	0/000	5-10	42/541	0/000	10-12	30/383	0/000
2-9	42/257	0/000	5-11	24/964	0/000	10-13	39/602	0/000
2-10	109/251	0/000	5-12	62/142	0/000	10-14	28/112	0/000
2-11	82/149	0/000	5-13	22/397	0/000	11-12	68/433	0/000
2-12	37/326	0/000	5-14	35/902	0/000	11-13	40/654	0/000
2-13	27/006	0/000	6-7	54/254	0/000	11-14	35/252	0/000
2-14	26/292	0/000	6-8	3/375	0/010	12-13	58/506	0/000
3-4	95/070	0/000	6-9	26/694	0/000	12-14	37/003	0/000
3-5	112/720	0/000	6-10	10/777	0/000	13-14	78/490	0/000
3-6	87/398	0/000	6-11	19/307	0/000	13-15	38/968	0/000
3-7	131/621	0/000	6-12	104/702	0/000	14-15	46/846	0/000
3-8	41/070	0/000	6-13	108/541	0/000			
3-9	17/608	0/000	6-14	112/936	0/000			
3-10	43/962	0/000	7-8	5/729	0/000			

F=مقادیر واریانس یکطرفه صفات، P=سطح معنی‌داری صفات، * =معنی‌داری

دارد. از میان 105 فاکتور ایجاد شده 14 فاکتور اول که مقادیر ویژه (Eigenvalue) بیش‌تری دارند، انتخاب شدند، که در مجموع 96/33 درصد از تنوع صفات ریختی بین گونه‌ها را بیان می‌کنند. فاکتور اول با بیش‌ترین مقدار ویژه 36/65 (38/49) درصد از کل تغییرات صفات بین گونه‌ها را بیان می‌کند. فاکتور دوم نیز با مقدار ویژه (22/18) پس از فاکتور اول 21/13 درصد از تنوع بین گونه‌ها را سبب شده است (جدول 3).

نتایج آزمون واریانس یکطرفه نشان داد که گونه‌های مورد مطالعه در تمامی صفات دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P>0/05$) بنابراین همه صفات برای انجام آنالیزهای PCA، CVA و خوشه‌ای (ترسیم دندروگرام) مورد استفاده قرار گرفتند.

هدف از تجزیه به مولفه‌های اصلی، کاهش داده‌ها بدون از دست دادن اطلاعات اولیه است. میزان آماره KMO برای صفات ریخت‌سنجی اصلاح شده سیستم شبکه‌ای تراس در بین گونه‌های مورد مطالعه 0/897 بود که بیان‌کننده مناسب بودن روش تجزیه به عامل‌ها و همبستگی شدید متغیرهای اولیه

جدول 3: مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد واریانس تجمعی صفات ریخت‌سنجی اصلاح شده با سیستم شبکه‌ای تراس حاصل از آنالیز

فاکتور	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
1	38/49	36/65	36/65
2	22/18	21/13	57/78
3	8/09	7/70	65/49
4	6/32	6/02	71/52
5	5/27	5/02	76/54
6	3/69	3/51	80/06
7	3/22	3/07	83/13
8	2/83	2/70	85/83



88/42	2/59	2/72	9
90/51	2/09	2/19	10
92/45	1/93	2/03	11
94/05	1/60	1/68	12
95/37	1/32	1/38	13
96/33	0/95	1/004	14

تفکیک متعارف نشان داده شده است که گونه‌های *A. hohenackeri* و *A. chalcoides* از سایر گونه‌ها به‌طور کامل جدا شدند و دو گونه *A. filippii* و *A. atropatenaе* دارای همپوشانی بالا با یکدیگرند و صفات ریختی اصلاح شده با سیستم شبکه‌ای تراس نتوانستند این دو گونه را به‌طور کامل از هم جدا کنند و دو گونه اخیر نیز تا حدی گونه *A. mossulensis* را پوشش می‌دهند (شکل 4).
 آزمون لامبدای ویلکس نشان داد که گونه‌های مورد مطالعه بر اساس صفات ریختی اصلاح شده با سیستم شبکه‌ای تراس در این آنالیز با یکدیگر در سطح بسیار معنی‌دار تفاوت دارند ($P < 0/05$) (جدول 5).
 نتایج حاصل از آزمون کلاس‌تر نیز جدایی کامل گونه‌های مورد مطالعه در مناطق مختلف ایران را به لحاظ خصوصیات ریخت‌سنجی از یکدیگر نشان می‌دهد (شکل 5).

در فاکتور اول صفات 1-6، 1-7، 2-6، 2-7، 4-5، 4-7، 7-4 دارای مقادیر بسیار بیش‌تر از 0/4 (حدود 0/9) می‌باشند و در فاکتور دوم صفات 12-13، 12-14، 12-15، 12-13 دارای مقادیر بیش‌تر از 0/4 (حدود 0/7) می‌باشند (جدول 4).

مطابق با نتیجه حاصل از ترسیم مولفه اول به دوم در آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داده شده است که گونه *A. hohenackeri* از سایر گونه‌ها به‌طور کامل جدا می‌شود گونه *A. chalcoides* با گونه *A. mossulensis* تا حدی

همپوشانی دارد و دو گونه *A. filippii* و *A. atropatenaе* دارای همپوشانی بالا با یکدیگرند و صفات ریختی اصلاح شده با سیستم شبکه‌ای تراس نتوانستند این دو گونه را به‌طور کامل از هم جدا کنند و دو گونه اخیر نیز تا حدی گونه *A. mossulensis* را پوشش می‌دهند (شکل 3).

مطابق با نتیجه حاصل از ترسیم مولفه اول با درصد واریانس 56/68 به مولفه دوم با درصد واریانس 21/71 و با سطح معنی‌داری برابر با E-124 2/147 در آزمون

جدول 4: مقادیر بار عاملی صفات ریختی اصلاح شده با سیستم شبکه‌ای تراس 5 گونه از ماهیان جنس *Alburnus* در ایران

صفات	فاکتور 1	فاکتور 2	فاکتور 3	فاکتور 4	فاکتور 5	فاکتور 6	فاکتور 7	فاکتور 8	فاکتور 9	فاکتور 10	فاکتور 11	فاکتور 12	فاکتور 13	فاکتور 14
1-2	0/476									0/548				
1-3	0/734									0/416				
1-4	0/854													
1-5	0/844													
1-6	0/908													
1-7	0/908													
1-8	0/845			0/424										
1-9	0/730		0/439											
1-10	0/896													
1-11	0/770		0/426											
1-12		0/674												
1-13	0/475	0/718												
1-14	0/487	0/727												
1-15		0/775												
2-3			0/717											
2-4			0/828											
2-5			0/879											
2-6			0/921											
2-7			0/915											
2-8			0/827		0/491									
2-9			0/639											
2-10			0/872											
2-11			0/703											
2-12												0/778		
2-13													0/744	
2-14													0/764	
2-15													0/787	
3-4														0/755

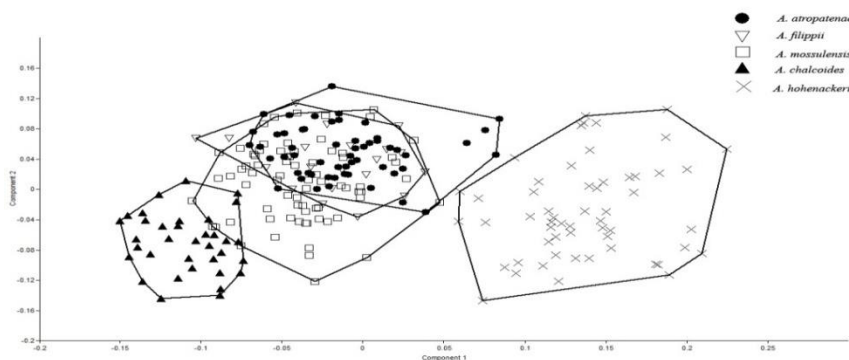


صفحات	فاکتور 1	فاکتور 2	فاکتور 3	فاکتور 4	فاکتور 5	فاکتور 6	فاکتور 7	فاکتور 8	فاکتور 9	فاکتور 10	فاکتور 11	فاکتور 12	فاکتور 13	فاکتور 14
3-5	0/845													
3-6	0/824													
3-7	0/873													
3-8	0/706													
3-9		0/507	0/422	0/572		0/452								
3-10	0/726													
3-11	0/480	0/508	0/559											
3-12		0/783												
13-3		0/554												
3-14		0/582												
15-3	0/452	0/559			0/434									
4-5	0/936													
4-6	0/855													
4-7	0/939													
4-8	0/727		0/432											
4-9		0/526	0/517											
4-10			0/524											
4-11	0/411	0/601												
4-12		0/786												
4-13	0/614			0/512										
4-14	0/555			0/442										
4-15	0/645				0/549									
5-6	0/733			0/445										
5-7	0/663			0/524										
5-8			0/754											
5-9		0/556	0/412	0/421										
5-10	0/575	0/474		0/417										
5-11		0/660	0/499											
5-12	0/492	0/472												
5-13	0/594			0/418										
5-14	0/681			0/443										
5-15	0/719			0/553										
6-7	0/644													
6-8			0/814											
6-9		0/535	0/561											
6-10		0/470	0/567											
6-11		0/621	0/420											
6-12	0/689	0/641												
6-13	0/851													
6-14	0/874													
6-15	0/862													
7-8		0/417	0/757											
7-9		0/0628	0/501	0/413										
7-10		0/565	0/479											
7-11	0/416	0/641												
7-12	0/716	0/622												

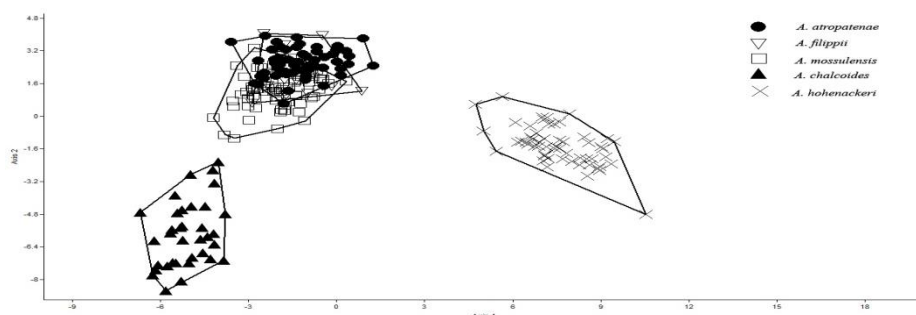


					0/871	13-7	
					-		
					0/900	7 -14	
					-		
					0/887	7 -15	
					-		
					0/738	8 -9	
		0/460	0/497		0/524	8 -10	
			-				
		0/504	0/405	0/615		8 -11	
			-				
			0/547		0/425	0/631	8 -12
			-		-		
			0/556		0/415	0/563	8 -13
			-		-		
			0/560			0/629	8 -14
			-			-	
			0/447			0/667	8 -15
			-			-	
	0/400				0/665	9 -10	
	-						
					0/816	9 -11	
		0/450		0/543		9 -12	
				-			
				0/402	0/725		9 -13
				-			
				0/447	0/748		9 -14
				-			
					0/730		9 -15
						0/798	-11
							10
		0/435		0/461	0/464		-12
		-		-	-		10
					0/505	0/654	-13
					-	-	10
					0/568	0/530	-14
					-	-	10
					0/538	0/668	-15
					-	-	10
		0/460	0/475			0/558	-12
		-	-			-	11
				0/477	0/671		-13
							11
					0/662		-14
							11
				0/488	0/645	0/427	-15
					-	-	11
					0/837		-13
							12
					0/892		-14
							12
					0/867		-15
							12
0/403						0/478	-14
							13
			0/414				-15
							13
					0/422		-15
							14





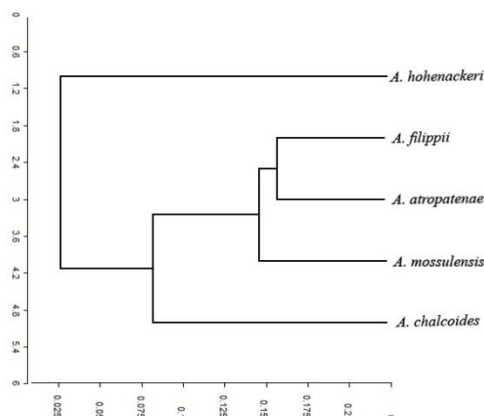
شکل 3: نمودار حاصل از رسم مولفه 1 به 2 در آزمون تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) برای صفات ریختی اصلاح شده با سیستم شبکه‌ای تراس 5 گونه از ماهیان جنس *Alburnus* در ایران



شکل 4: نمودار حاصل از رسم مولفه 1 به 2 در آزمون تفکیک متعارف (CVA) برای صفات ریختی اصلاح شده با سیستم شبکه‌ای تراس 5 گونه از ماهیان جنس *Alburnus* در ایران

جدول 5: نتایج آزمون لامبدای ویلکس

سطح معنی‌داری	درجه آزادی	کای دو	لامبدای ویلکس	آزمون معنی‌داری تابع
0/000	60	1255/697	0/004	1
0/000	42	702/485	0/047	2
0/000	26	364/608	0/205	3
0/000	12	106/672	0/629	4



شکل 5: دندروگرام حاصل از آزمون کلاس‌تر 5 گونه از ماهیان جنس *Alburnus* در ایران

طرفه نشان داد که تمام 105 ویژگی ریخت‌سنجی در بین گونه‌های مورد مطالعه دارای تفاوت معنی‌دار بودند که نشان‌دهنده تفاوت کلی شکل بدن گونه‌های مورد مطالعه

در تحقیق حاضر نتایج حاصل از تحلیل واریانس یک-

بحث



توانستند دو جمعیت رودخانه‌های هراز و شیرود را از یکدیگر تفکیک نمایند.

Akbarzadeh و همکاران (2010) ساختار جمعیتی ماهی سوف معمولی در آب‌های ایرانی دریای خزر یعنی سواحل غربی و شرقی گیلان و دریاچه سد ارس با استفاده از ویژگی‌های ریخت‌سنجی به روش تراس و شمارشی مورد بررسی قرار دادند و تنوع نسبتاً بالایی فنوتیپی ماهیان سوف را در سه منطقه مورد مطالعه را گزارش دادند. AnvariFar و همکاران (2011) به تفاوت‌های ریختی با روش تراس بین جمعیت سیاه ماهیان (*Capotes capoeta gracilis*) بالا و پایین سد شهید رجایی رودخانه تجن پرداختند و تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده کردند.

Turan و همکاران (2004) یکی از دلایل به وجود آمدن اختلافات ریخت‌سنجی ماهیان را در متفاوت بودن بسترهای تخم‌ریزی و در نتیجه جدا بودن منشأ آنها دانسته‌اند. بنابراین در مقایسه گونه‌های مورد بررسی در این تحقیق بخشی از تفاوت‌ها را می‌توان مربوط به شرایط محیطی گونه‌های مورد مطالعه نسبت داد هرچند که تفاوت ژنتیکی به‌عنوان یک عامل اصلی جداکننده گونه‌های مورد بررسی در این تحقیق می‌باشد.

مطالعه حاضر توانایی بالقوه روش تراس را در تفکیک ریختی گونه‌های *Alburnus* در آب‌های ایران نشان داد و اطلاعات پایه پیرامون اختلافات ریخت‌شناسی بین گونه‌های این جنس را ارائه داد. از این‌رو اختلافات ریختی مشاهده شده بین گونه‌ها می‌تواند در شناسایی و مدیریت شیلاتی این گونه‌ها لحاظ گردد.

منابع

1. Adeli, A., 1999. Basis of fish biology. Version. Agricultural Sciences. Tehran.
2. Adams, D.C.; Rohlf, F.J. and Slice, D.E., 2003. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. Ital.J. Zool. Vol. 71, pp: 5-16.
3. Akbarzadeh, A.; Karami, M.; Nezami, S.A.; MojaziAmiri, B.; Khara, H. and Eagderi, S., 2010. A comparative study of morphometric and meristic characters of pikeperch *Sander lucioperca* Iranian waters of Caspian Sea and Aras Dam Lake. Iranian Journal of Biology. Vol. 22, No. 3, pp: 535-545.
4. AnvariFar, H.; Khyabani, A.; Farahmand, H.; Vatandoust, S.; AnvariFar, H. and Jahageerdar, S.H., 2011. Detection of morphometric differentiation between isolated up- and downstream populations of Siah Mahi (*Capoeta capoeta gracilis*) (Pisces: Cyprinidae) in the Tajan River (Iran). Hydrobiologia. Vol. 673, pp: 41-52.
5. Bagherian, A. and Rahmani, H., 2009. Morphological discrimination of two

می‌باشد. در بیش‌تر مطالعات ریخت‌سنجی فاکتور اندازه بدن ممکن است به‌میزان 80% یا بیش‌تر در وجود تغییرات بین متغیرهای اندازه‌گیری شده تأثیرگذار باشد (Tzeng, 2004). از آن‌جاکه آزمون واریانس یک‌طرفه بر روی ویژگی‌های ریخت‌سنجی اصلاح شده صورت پذیرفت، از این‌رو هر گونه اختلاف معنی‌داری تنها نشان دهنده اختلاف در شکل بدن می‌باشد زمان صید و نمونه‌برداری نیز چندان نمی‌تواند بر روی متغیرهای مورد اندازه‌گیری، اثرات بزرگ ایجاد نماید (Mamuris و همکاران، 1998).

مقایسه فاکتورهای استخراجی تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) ثابت کرده است که هرچه دامنه تغییرات صفات بیش‌تر باشد تعداد مولفه‌های استخراجی و تعداد مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک در آن دسته از صفات بیش‌تر خواهد بود که قبلاً نیز این موضوع به تأیید رسیده بود (Rahmani, 2006). به‌عبارت دیگر هرچه میزان واریانس یک مولفه بیش‌تر باشد، ضریب شرکت آن مولفه در تفکیک گونه‌ها بیش‌تر خواهد بود. در تجزیه و تحلیل عاملی برای صفات ریخت‌سنجی، تعداد 14 مولفه با مقادیر ویژه (Eigenvalues) بزرگ‌تر از 1 انتخاب شدند که 96/33 درصد تنوع صفات ریخت‌سنجی را شامل می‌شود (جدول 3). در تفکیک جمعیت‌ها به روش تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA)، صفاتی که دارای ضرایب عاملی بزرگ‌تر از 0/4 باشند در تفکیک جمعیت‌ها موثرتر می‌باشند (Anvari Far و همکاران، 2011). مؤلفه‌ای که ضرایب آن‌ها همگی دارای یک علامت بوده، یعنی یا مثبت یا منفی باشد، نشان‌دهنده تغییرات اندازه بدن بوده و مؤلفه‌ای که علامت ضرایب آن هم مثبت و هم منفی باشد، نشان‌دهنده تغییرات شکل بدن است (Jolicoeur و Mosiman, 1960).

در این مطالعه تصور این‌که مولفه اصلی اول نشان‌دهنده تغییرات اندازه بدن می‌باشد غلط بوده و نمودار رسم شده براساس مولفه اول و دوم فقط جدایی افراد براساس تغییرات شکل بدن را نشان می‌دهد و این خود تأییدکننده موثر بودن فرمول Elliott در حذف اثر اندازه از داده‌ها است. مطابق با نتیجه آزمون CVA نیز میزان بالایی از تفکیک بین گونه‌های مورد مطالعه را نشان داد (شکل 3). به‌طورکلی ویژگی‌های ریخت‌شناسی ماهیان در مقایسه با سایر مهره‌داران بیش‌تر دچار تغییرات درون و بین گونه‌ای شده و نسبت به تغییرات ناشی از محیط حساسیت بیش‌تری دارند بنابراین اثرات بعضی از فاکتورهای محیطی نظیر درجه حرارت، شوری، دسترسی به غذا و یا فاصله مهاجرت می‌تواند به‌طور بالقوه تفکیک ریختی ماهیان را تعیین کند (Turan و همکاران، 2004 و 2006؛ Turan, 2000؛ Lindsey, 1998؛ Smith, 1966). به‌علاوه شرایط محیطی متفاوت (دما، کدورت، دسترسی به غذا، عمق آب و جریان آب) سبب جدایی جمعیت‌های رودخانه‌های مختلف می‌شود (Samaee و همکاران، 2006؛ Yamamoto و همکاران، 2004). استفاده از سیستم شبکه‌ای تراس به بررسی جمعیت‌های شاه کولی (*C. chalcoides*) در 66 قطعه ماهی پرداختند و



- Chinook salmon. The Journal of Heredity. Vol. 90, No. 6, pp: 597–606.
16. **Hubbs, C.L. and Lagler, K.F., 1947.** Fishes of the Great Lakes Region. Bull. Crambrook Inst. Sci., Vol. 26.
 17. **Jolicoeur, P. and Mosiman, J.E., 1960.** Size and shape variation in the painted turtle: a principal component analysis. Growth. Vol. 24, pp: 691-699.
 18. **Jolicoeur, P., 1963.** The generalization of the allometry equation. Biometrics. Vol. 19, pp: 497-499.
 19. **Lindsey, C.C., 1988.** Factors controlling meristic variation. In: Hoar, W.S., Randall, D.J. (Eds.), Fish Physiology, vol. 11-B. Academic Press, San Diego, CA. pp: 197–274.
 20. **Mamuris, Z.; Apostolidis, A.P.; Panagiotaki, P.; Theodorou, A.J. and Triantaphyllidis, C., 1998.** Morphological variation between red mullet populations in Greece. Journal of Fish Biology. Vol. 52, pp: 107-117.
 21. **Meyer, A., 1987.** Phenotypic plasticity and heterochrony in *Cichlasoma managuense* (Pisces, Cichlidae) and their implications for speciation in cichlid fishes. Evolution. Vol. 41, pp: 1357–1369.
 22. **Palma, J. and Andrade, J.P., 2002.** Morphological study of *Diplodus sargus*, *Diplodus puntazzo*, and *Lithognathus mormyrus* (Sparidae) in the Eastern Atlantic and Mediterranean Sea. Fisheries Research. Vol. 57, pp: 1–8.
 23. **Rahmani, H., 2006.** Genetic diversity and population dynamics of *Chalcalburnus chalcoides* (Gueldenstadt, 1772) in Hraz, Shiroud and Gzafroud rivers. Phd thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 187 p.
 24. **Rohlf, F.J. and Marcus, L.F., 1993.** Revolution in morphometrics. Trend in ecology and evolution. Vol. 8, pp: 129–133.
 25. **Samaee, S.M.R.; Mojazi-Amiri, B. and Hosseini-Mazinani, S.M., 2006.** Comparison of *Capoeta capoeta gracilis* (Cyprinidae, Teleostei) populations in the south Caspian Sea River basin, using morphometric ratios and genetic markers. Folia Zool. Vol. 55, pp: 323–335.
 26. **Schreck, C.B. and Moyle, P.B., 1990.** Methods for fish biology. American fisheries Society. Bethesda, Maryland, USA. 684 p.
 27. **Shao, Y.; Wang, J.; Qiao, Y.; He, Y. and Cao, W., 2007.** Morphological variability between wild populations and inbred stocks of populations in shemaya, *Chalcalburnus chalcoides* (Actinopterygii, Cyprinidae) using truss network. Animal Biodiversity and Conservation. Vol. 30, No. 1, pp: 1-8.
 6. **Bogutskaya, N.G.; Kucuk, F. and Unlu, E., 2000.** *Alburnus baliki*, a new species of Cyprinid fish from the Manavgat River system, Turkey. Ichthyological Exploration of Freshwaters. Vol. 11, pp: 55-64.
 7. **Bookstein, F.L., 1996.** Combining the tools of geometric morphometrics. pp. 131–151. In: L.F. Marcus, M. Corti, A. Loy, G. Naylor & D.E. Slice (ed.) Advances in Morphometrics. NATO ASI Series A: Life Sciences, Vol. 284, Plenum Publishing. New York.
 8. **Bronte, C.R. and Moore, S.A., 2007.** Morphological Variation of Siscowet Lake Trout in Lake Superior. Transactions of the American Fisheries Society. Vol. 136, pp: 509–517.
 9. **Bzulug, M. and Freyhof, J., 2007.** Rediagnosis of four species of *Alburnus* from Turkey and description of two new species (Teleostei: Cyprinidae). Ichthyological Exploration of reshwaters. Vol. 18, pp: 233-246.
 10. **Cadrin, S.X. and Friedland, K.D., 1999.** The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification, Fisheries Research. Vol. 43, pp: 129-139.
 11. **Coad, B.W., 2013.** Freshwater Fishes of Iran. Available from <http://www.briancoad.com> Accessed 27th October 2013.
 12. **Dean, M.N.; Huber, D.R. and Nance, H.A., 2006.** Functional morphology of jaw trabeculation in the lesser electric ray *Narcine brasiliensis*, with comments on the evolution of structural support in the Batoidea. Journal of Morphology. Vol. 267, No. 10, pp: 1137–1146.
 13. **Debowski, P.; Robak, S. and Dobosz, S., 1999.** Estimation of smoltification of hatchery-reared sea trout (*Salmo trutta morpha trutta* L.) based on body morphology. Archives of Polish Fisheries. Vol. 7, No. 2, pp: 257–266.
 14. **Freyhof, J. and Kottelat, M., 2007.** Review of the *Alburnus mento* species group with description of two newspecies (Teleostei: Cyprinidae). Ichthyological Exploration of Freshwaters. Vol. 18, pp: 213-225.
 15. **Hard, J.J.; Winans, G.A. and Richardson, J.C., 1999.** Phenotypic and genetic architecture of juvenile morphometry in



- a Chinese minnow, *Gobiocypris rarus*. *Zoolog Sci.* Vol. 24, No. 11, pp: 1094–102.
28. **Smith, G.R., 1966.** Distribution and evolution of the North American catostomid fishes of the subgenus *Pantosteus*, genus *Castostomus*. Miscellaneous publications, Museum of Zoology, University of Michigan. 129 p.
 29. **Struass, R.E. and Bookstein, F.L., 1982.** The Truss: Body form reconstruction in morphometrics. *Systematic Zoology*. Vol. 31, pp: 113-135.
 30. **Swain, D.P. and Foote, C.J., 1999.** Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification. *Fisheries Research*. Vol. 43, pp: 113- 128.
 31. **Turan, C., 2000.** Otolith shape and meristic analysis of Herring (*Clupea harengus*) in the northeast Atlantic. *Arch. Fish. Mar. Res.* Vol. 48, No. 3, pp: 283–295.
 32. **Turan, C. and Erguden, D., 2004.** Genetic and morphometric structure of *Liza abu* (Heckel, 1834) population from the Rivers Orontes, Euphrates and Tigris. *Turkish journal of Veterinary and Animal Sciences*. Vol. 28, pp: 729-734.
 33. **Turan, C.; Erguden, D.; Gurlek, M. and Turan, F., 2004.** Morphometric structuring of the Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Black, Aegean and Northeastern Mediterranean Seas. *Turkish Journal of Vertebrate Animal Sciences*. Vol. 28, pp: 865-871.
 34. **Turan, C.; Oral, B.O. and Duzgunes, E., 2006.** Morphometric and meristic variation between stocks of Bluefish (*Pomatomus saltatrix*) in the Black, Marmara, Aegean and northeastern Mediterranean Seas. *Fisheries Research*. Vol. 79, pp: 139–147.
 35. **Tzeng, T.D., 2004.** Morphological variation between populations of spotted mackerel *Scomber australasicus* off Taiwan. *Fisheries Research*. Vol. 68, pp: 45- 55.
 36. **Yamamoto, S.; Morita, K.; Koizumi, I. and Maekawa, K., 2004.** Genetic differentiation of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) populations after habitat fragmentation: spatial-temporal changes in gene frequencies. *Conservation Genetics*. Vol. 5, pp: 529–538.

