

بررسی تفاوت های ریخت‌شناختی جمجمه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) در زاگرس و نواحی کوهستانی شمال و شمال شرقی کشور به روش ریخت‌سنجی هندسی

سجاد توکلی^۱؛ محمد کابلی^{۲*}؛ سهیل ایگدري^۳؛ محمود کرمی^۴؛ محسن احمدی^۵ و علیرضا محمدی^۵

۱- دانشجوی دوره کارشناسی ارشد زیستگاهها و تنوع زیستی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- استاد گروه مهندسی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- دانشیار گروه مهندسی شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴- دانشجوی دوره دکتری مهندسی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان

۵- دانشجوی دوره دکتری مهندسی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۹۵/۱۱/۰۶ - تاریخ پذیرش ۹۷/۰۲/۰۱)

چکیده:

پلنگ ایرانی بزرگترین گربه‌سان ایران است که در اکثر نواحی ایران، به جز مناطق کویری زندگی می‌کند. نواحی کوهستانی واقع در شمال و شمال شرقی کشور و همچنین رشته کوه زاگرس را میتوان مهمترین نواحی پراکنش این گونه در ایران قلمداد نمود. با توجه به تفاوت در اقلیم، تپه‌های پوشش گیاهی و نوع طعمه‌های متفاوت پلنگ، همچنین از هم گسیختگی زیستگاه‌های یکپارچه بین این دو منطقه، بروز تفاوت‌های ریختی در بین پلنگ‌های این دو ناحیه محتمل به نظر می‌رسد. از این رو الگوی ریختی شکل جمجمه پلنگ با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه مورد بررسی قرار گرفت. برای انجام تحلیل شکل، تعداد ۴۱ جمجمه پلنگ از گستره وسیعی از پراکنش گونه تهیه و در سه نمای پستی، شکمی و جانبی عکسبرداری و لندمارک‌های مورد نظر جانمایی شدند. از تحلیل پروکراست برای حذف اثر پارامترهای غیر شکل جایگاه لندمارک‌ها و از آنالیز تابع تشخیص برای بررسی نحوه تفکیک‌پذیری نمونه‌ها استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد جمجمه پلنگ‌های این دو ناحیه از نظر ریختی متفاوت بوده و بیشترین تفاوت‌ها را در ناحیه کمان زیگومات، استخوان پس‌سری و شروع استخوان بینی در پیشانی نشان می‌دهند. تفاوت‌های ریخت‌شناختی جمجمه پلنگ در این دو ناحیه را میتوان ناشی از الگوی رشد آلومتری متفاوت، تاثیر ویژگی‌های زیستگاهی متفاوت و یا تفاوت در ساختار ژنتیکی جمعیت‌های پلنگ در این دو ناحیه از ایران قلمداد نمود.

کلید واژگان: ریخت‌سنجی جمجمه، پلنگ ایرانی، تحلیل شکل، لندمارک.

۱. مقدمه

ریخت‌سنجی، مطالعه ویژگی‌ها و کواریانس شکل‌های زیست‌شناختی است (Mitteroecker & Gunz, 2009) و یکی از ابزارهای مهم در مطالعات زیست‌شناسی برای درک شباهت‌ها، تفاوت‌ها و تنوع ریختی موجودات زنده محسوب می‌شود (Bookstein, 1991). امروزه محققین از دو روش ریخت‌سنجی استفاده می‌کنند: (۱) روشی که بر پایه تحلیل‌های آماری فواصل استوار است که ریخت‌سنجی سنتی خوانده می‌شود و (۲) روشی که بر پایه گرافیکی و تحلیل هندسی شکل است که ریخت‌سنجی هندسی نامیده می‌شود (Rohlf & Marcus, 1993). ریخت‌سنجی هندسی به مجموعه‌ای از روش‌ها اطلاق می‌گردد که از داده‌هایی از قبیل لندمارک‌ها و خطوط سیر پیرامونی برای استخراج اطلاعات شکل ساختارهای زیستی استفاده می‌کند (Adams et al., 2004). مزیت مهم این روش حفظ موقعیت لندمارک‌ها در آنالیز داده‌ها و امکان نمایش گرافیکی نتایج است. در روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه، نقاط لندمارک هومولوگ و مختصات آنها (X و Y) به عنوان متغیرهای شکل بوده و تغییرات مختصات فضایی این نقاط به عنوان بازتابی از تغییرات شکلی با استفاده از تحلیل‌های چند متغیره بررسی می‌شوند (Rohlf & Marcus, 1993).

یکی از نخستین گام‌ها در شناخت یک گونه، کسب اطلاع از جایگاه دقیق آرایه‌شناختی است، چراکه عدم توافق بر سر جایگاه‌های رده‌بندی آرایه‌های مختلف، منجر به حفاظت ناکارآمد خواهد شد

(Murtskhvaladze et al., 2010). پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) به‌عنوان یکی از مهمترین طعمه‌خواران در رأس هرم غذایی و بزرگترین گربه‌سان ایران، سازش‌پذیرترین و در نتیجه دارای گسترده‌ترین پراکنش در خانواده گربه‌سانان است. (Nowell & Jackson, 1996).

تخریب زیستگاه، کاهش طعمه‌های طبیعی، تصادفات جاده‌ای، شکار غیر قانونی و حذف از زیستگاه با طعمه‌های مسموم توسط دامداران موجب کاهش جمعیت‌های این گونه در گستره پراکنشش شده است (Nowell & Jackson, 1996; Kiabi et al., 2002; Gavashelishvili & Lukarevskiy, 2008; Farhadinia et al., 2015; Jacobson et al., 2016). به‌نحوی که از سوی اتحادیه بین‌المللی حفاظت طبیعت اغلب زیرگونه‌های پلنگ - از جمله زیر گونه پلنگ ایرانی - در طبقات تهدید شده معرفی شده‌اند (Jacobson et al., 2016).

ایران مهمترین زیستگاه پلنگ در آسیا است. جد مشترک تمامی زیرگونه‌های شناخته شده پلنگ شامل پلنگ‌های قفقاز، غرب، مرکز و حتی جنوب غرب آسیا زیرگونه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) ساکن در فلات مرکزی ایران معرفی شده است (Uphyrkina et al., 2001). با این وجود هنوز برخی محققان جایگاه آرایه‌شناختی پلنگ را در خاورمیانه مبهم دانسته‌اند (Kiabi et al., 2002; Khorozyan, 2008).

تاکنون مطالعه‌ای در مورد تنوع ریخت‌شناسی جمجمه پلنگ ایرانی انجام نگرفته است. با توجه به اهمیت شناخت صحیح تنوع جمعیت‌های مختلف

نمای شکمی ۱۳ نقطه لندمارک و در نمای جانبی ۱۵ نقطه لندمارک بر اساس مطالعات مشابه (Loy *et al.*, 2008; Klingenberg, 2010; Figueirido *et al.*, 2010) تعریف و با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 (Rohlf, 2006) رقومی شدند (جدول ۲، شکل ۲). برای اجتناب از ایجاد اطلاعات اضافی در ساختارهای متقارن لندمارک‌گذاری شدند. در این پژوهش به منظور حذف داده‌های غیر شکل، جایگاه لندمارکها با استفاده از تحلیل پروکراست (Generalized Procrustes Analysis; Rohlf & Slice, 1990) و با استفاده از نرم‌افزار MorphoJ (Klingenberg, 2008) روی هم گذاری شدند.

برای بررسی تفاوت جمعیت‌های مورد مطالعه البرز و زاگرس و یافتن متغیرهایی که بیشترین تغییرات را نشان می‌دهند از آنالیز تابع تشخیص (DFA) براساس ارزش P حاصل از آزمون جایگشت با ۱۰۰۰ تکرار برای هر سه نمای پشتی، شکمی و جانبی جمجمه‌ها به طور جداگانه استفاده شد. آنالیز DFA در نرم افزارهای PAST و MorphoJ انجام شد (Hammer *et al.*, 2001). همچنین شکل میانگین یا اجماع هر گروه (نمونه‌های جمجمه پلنگ البرز و زاگرس) با استفاده از نرم افزار (Rohlf, 2003) TPSSmall استخراج و الگوهای تغییر شکل بین گروه‌ها با استفاده از گرافهای Wireframe در نرم‌افزار MorphoJ مصورسازی شد.

گونه‌های حیات وحش و الگوهای پراکنش جغرافیایی آنها در برنامه‌های حفاظتی گونه‌ها (Mazak, 2010)، این پژوهش با هدف بررسی تنوع درون‌گونه‌ای پلنگ ایرانی براساس مطالعه تفاوت‌های ریخت‌شناختی جمجمه بین دو منطقه البرز و زاگرس به انجام رسیده است.

۲. مواد و روشها

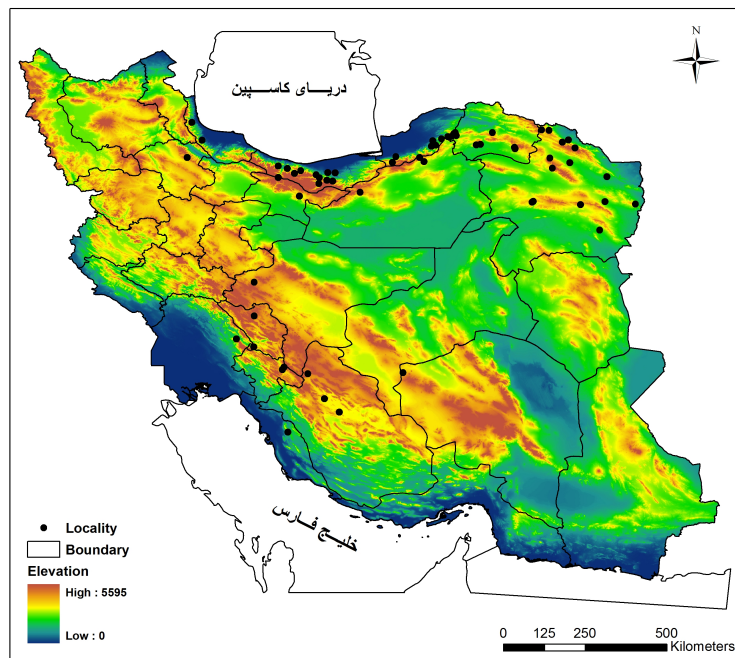
۱،۲. جمع‌آوری نمونه

شکل ۱ محدوده پراکنش پلنگ را در ایران نشان می‌دهد. با استفاده از اطلاعات موجود در موزه‌های تاریخ طبیعی، ادارات محیط زیست استانها و دانشگاهها، در مجموع تعداد ۴۱ نمونه جمجمه از مناطق پراکنش پلنگ در نواحی کوهستانی شمال، شمال شرقی، غرب و جنوب غربی کشور جمع‌آوری شد (جدول ۱).

از این تعداد ۲۰ نمونه متعلق به مناطق کوهستانی رشته کوه البرز، ۱۲ نمونه از مناطق کوهستانی شمال شرقی کشور و پنج نمونه از رشته کوه زاگرس بوده است. همچنین تعداد چهار جمجمه شامل یک جمجمه از شیراز، یک جمجمه از یاسوج و دو جمجمه نابالغ از استانهای لرستان و ایلام به علت شکستگی و ناسالم بودن از ادامه تجزیه و تحلیلها حذف شدند.

۲،۲. استخراج داده‌های شکل

برای استخراج داده‌های شکل در روش ریخت‌سنجی، از سطوح پشتی، شکمی و جانبی نمونه‌های سالم با استفاده دوربین دیجیتال ۱۴ مگاپیکسل عکسبرداری شد. سپس بر روی نمای پشتی ۱۱ نقطه لندمارک، در



شکل ۱ - محدوده پراکنش پلنگ در ایران. بیشترین نقاط حضور گونه در رشته کوه‌های البرز و زاگرس به ثبت رسیده است. مطلوبیت زیستگاه این گونه در ایران در زیستگاه‌های مربوطه در یک گستره رنگی از بالاترین مطلوبیت به رنگ قرمز تا کمترین مطلوبیت به رنگ آبی نشان داده شده است.

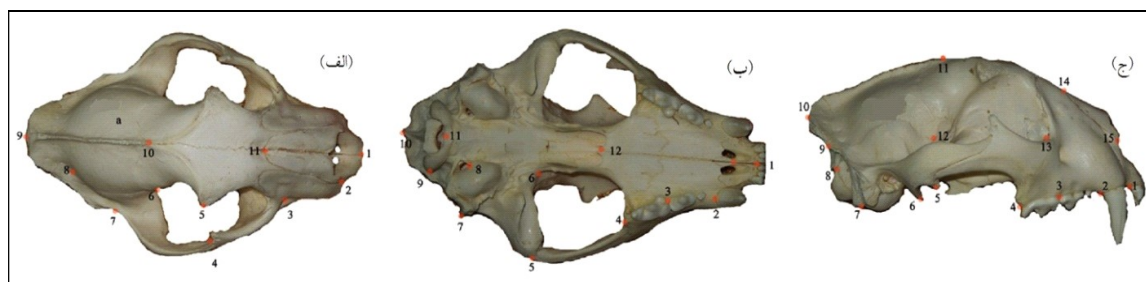
جدول ۱- تعداد نمونه‌های مجموعه پلنگ جمع‌آوری شده به تفکیک جنس و مکان جمع‌آوری.

محل نگهداری	ماده	نر	نامعلوم
اداره محیط زیست شاهرود		۱	
اداره محیط زیست زنجان			۱
اداره محیط زیست خراسان رضوی	۱	۹	
اداره محیط زیست گلستان		۷	۳
اداره محیط زیست تالش		۱	
اداره محیط زیست کرمان	۱	۱	۱
اداره محیط زیست سمنان		۲	۲
اداره محیط زیست اصفهان		۱	
اداره محیط زیست سبزوار			۲
دانشکده محیط زیست کرج			۲
دانشگاه منابع طبیعی (کرج)		۱	
موزه تاریخ طبیعی شیراز		۱	
مجموع	۲	۲۴	۱۱

۲،۲. استخراج داده‌های شکل

برای استخراج داده‌های شکل در روش ریخت‌سنجی، از سطوح پشتی، شکمی و جانبی نمونه‌های سالم با استفاده دوربین دیجیتال ۱۴ مگاپیکسل عکسبرداری شد. سپس بر روی نمای پشتی ۱۱ نقطه لندمارک، در نمای شکمی ۱۳ نقطه لندمارک و در نمای جانبی ۱۵ نقطه لندمارک بر اساس مطالعات مشابه (Loy *et al.*, 2010) تعریف و با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 (Rohlf, 2006) رقمی شدند (جدول ۲، شکل ۲). برای اجتناب از ایجاد اطلاعات اضافی در ساختارهای متقارن (Cardini *et al.*, 2010) فقط نیمه راست نمونه‌ها لندمارک‌گذاری شدند. در این پژوهش به منظور حذف داده‌های غیر شکل، جایگاه لندمارکها با استفاده از تحلیل پروکراست (Generalized Procrustes Analysis; Rohlf & Slice, 1990) و

با استفاده از نرم‌افزار (Klingenberg, 2008) MorphoJ روی هم گذاری شدند. برای بررسی تفاوت جمعیت‌های مورد مطالعه البرز و زاگرس و یافتن متغیرهایی که بیشترین تغییرات را نشان می‌دهند از آنالیز تابع تشخیص (DFA) براساس ارزش P حاصل از آزمون جایگشت با ۱۰۰۰ تکرار برای هر سه نمای پشتی، شکمی و جانبی جمجمه‌ها به طور جداگانه استفاده شد. آنالیز DFA در نرم افزارهای PAST و MorphoJ انجام شد (Hammer *et al.*, 2001). همچنین شکل میانگین یا اجماع هر گروه (نمونه‌های جمجمه پلنگ البرز و زاگرس) با استفاده از نرم افزار (Rohlf, 2003) TPSSmall استخراج و الگوهای تغییر شکل بین گروه‌ها با استفاده از گرافهای Wireframe در نرم‌افزار MorphoJ مصورسازی شد.



شکل ۲ - محل قرارگیری لندمارکهای مورد نظر در تحلیلهای ریخت‌سنجی جمجمه پلنگ ایرانی در نمای پشتی(الف)، در نمای شکمی (ب) و در نمای جانبی (ج).

جدول ۲- توصیف و شماره لندمارکهای تعیین شده برای تجزیه و تحلیل ریختی جمجمه‌های پلنگ در سه نمای پشتی، شکمی و جانبی.

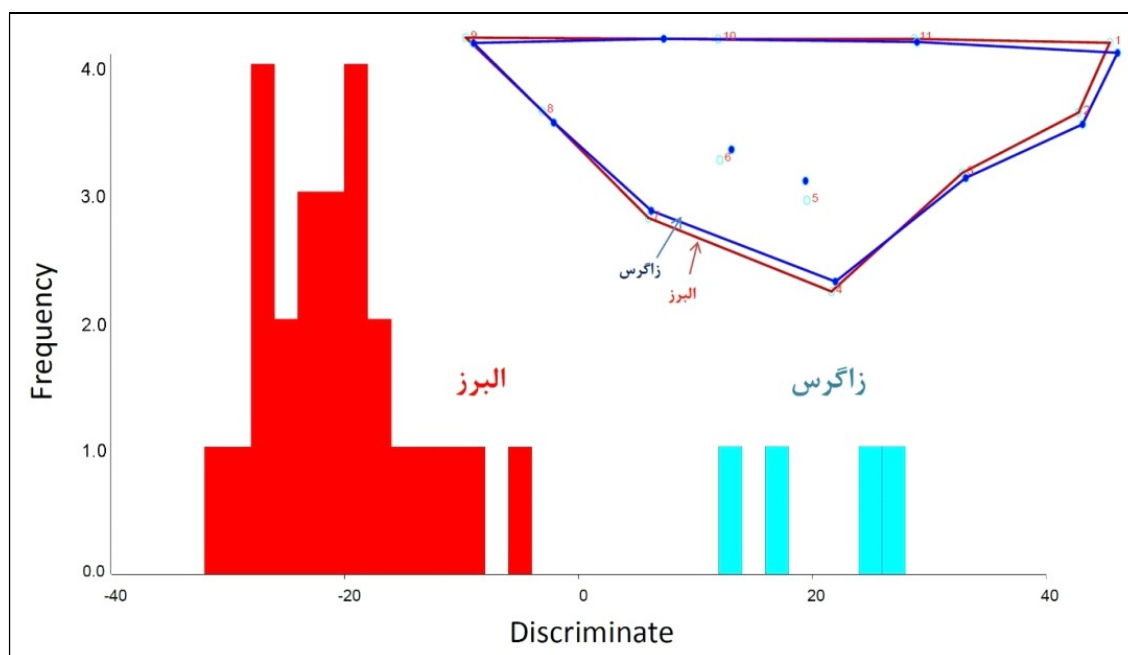
شماره لندمارک	توصیف لندمارک
(الف) نمای پشتی:	
۱	نقطه میانی پیش فکی (Premaxilla) در نوک پایینی استخوان سپتوم (Septum) بین دندانهای پیش مرکزی فوقانی
۲	پایین ترین نقطه درز سمت راست بینی
۳	تقاطع بین آرک زیگوماتیک استخوان گونه (راست) و ماگزایلا استخوان آرواره
۴	نقطه میانی درز بین دو استخوان جوگال و اسکواموزال (Squamosal-Jugal suture)
۵	بالاترین نقطه زانده پس حدقه‌ای (Postorbital process)
۶	ابتدایی ترین نقطه محل اتصال اسکواموزال (Squamosal) به استخوان پیشانی (Frontal)
۷	پایین ترین نقطه خمیدگی استخوان اسکواموزال
۸	بالاترین نقطه خمیدگی روی سمت راست براینکیس
۹	بالاترین نقطه استخوان پس سری (Occipital crest)
۱۰	شروع تیغه ساجیتال (Sagittal crest) به سمت پس سر
۱۱	نقطه شروع درز بینی Nasal suture
(ب) نمای شکمی:	
۱	ابتدایی ترین نقطه محل اتصال دندانهای پیش در قسمت پیش فکی (Premaxilla)
۲	محل شروع فک از اتصال از پشت دندان نیش
۳	بین دو دندان کارناسیال
۴	انتهایی ترین نقطه فک
۵	نقطه میانی درز بین دو استخوان جوگال و اسکواموزال (Squamosal-Jugal suture)
۶	نقطه اوج استخوان پتریگوئید (Pterygoid)
۷	بیرونی ترین نقطه آکاستیک میتوس وابسته به شنوایی
۸	نقطه اوج استخوان پارااکسی پیتال (Paraoccipital)
۹	خارجی ترین نقطه لبه استخوان پاریتال (Parietal)
۱۰	بالاترین نقطه کندیل استخوان پس سری (Occipital condyle)
۱۱	وسط استخوان پاریتال (Parietal)
۱۲	پایین ترین نقطه کندیل استخوان پس سری (Occipital condyle)
۱۳	انتهایی ترین نقطه روی درز استخوان کام (Palatine)
(ج) نمای جانبی:	
۱	لبه جلویی دندان نیش
۲	محل شروع فک از اتصال از پشت دندان نیش
۳	انتهایی ترین نقطه دندان کارناسیال اول و ابتدایی ترین نقطه شروع کارناسیال دوم در فک
۴	انتهایی ترین نقطه دندان کارناسیال دوم
۵	نقطه اوج استخوان اسکواموزالدر بالا (Squamosal)
۶	نقطه اوج استخوان اسکواموزال در پایین (Squamosal)
۷	پایین ترین نقطه مجرای گوش بیرونی (External acoustic meatus)
۸	بالای پشت سر کندیل (Occipital condyle)
۹	داخلی ترین نقطه لبه استخوان پاریتال (Parietal)
۱۰	بیرونی ترین نقطه لبه استخوان پاریتال (Parietal)
۱۱	نقطه شروع تیغه ساجیتال (Sagittal crest) به سمت پس سر
۱۲	پایه روند واقع در پشت کاسه چشم (Postorbital process)
۱۳	شروع خمیدگی داخلی آرک زیگوماتیک (Zygomatic arch)
۱۴	ابتدای نقطه درز استخوان بینی (Nasal bone)
۱۵	انتهایی ترین نقطه درز استخوان بینی (Nasal bone)

۳. نتایج

۱,۳. نمای پشتی

آنالیز DFA تفاوت معنی‌داری ($P = 0.004$) را بین شکل نمای پشتی جمجمه پلنگهای البرز و زاگرس نشان داد (شکل ۳). مقایسه نمای پشتی شکل جمجمه پلنگهای البرز و زاگرس تفاوت‌هایی را در قسمت قدامی و خلفی جمجمه و کمان زیگوماتیک نشان داد. در جمعیت زاگرس بالاترین نقطه استخوان پس‌سری (لندمارک شماره ۹) به طرف پشت جابجا شده است. این جابجایی بیانگر بزرگ بودن استخوان پس‌سری در جمعیت البرز است. همچنین در جمعیت البرز جابجایی لندمارک‌های مربوط به استخوان اسکواآموزال (لندمارک‌های شماره ۴ و ۷) به سمت بیرون، بیانگر

بزرگ شدن این ناحیه نسبت به جمعیت زاگرس است. همچنین لندمارک‌های ناحیه پیش فکی (لندمارک‌های شماره ۱ و ۲) در جمعیت زاگرس به جوانب جابجا شده‌اند که نشان دهنده بزرگ شدن این بخش در جمعیت زاگرس است. در جمعیت زاگرس جابجایی لندمارک شماره ۱۰ به سمت بیرون بیانگر بزرگ شدن طول ناحیه پیشانی نسبت به جمعیت البرز است. به علاوه جابجایی لندمارک شماره ۵ مربوط به بالاترین نقطه زائده پس‌حدقه‌ای به سمت بیرون، نشان دهنده کشیدگی عرضی این ناحیه در جمعیت البرز است. جابجایی لندمارک‌های ناحیه استخوان آهیانه (لندمارک‌های شماره ۷ تا ۱۰) به سمت جانبی نشان دهنده بزرگ بودن استخوان آهیانه (پاریتال) در جمعیت البرز نسبت به زاگرس است.

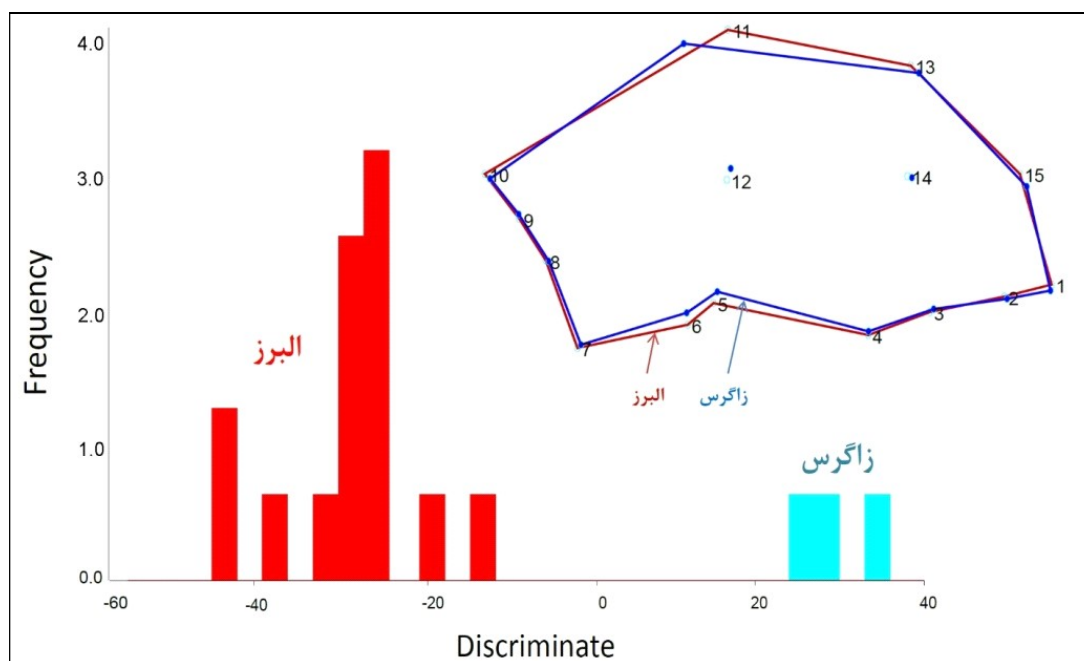


شکل ۳- نمودارهای DFA و Wireframe میانگین مختصات تنظیم شده توسط GPA بر اساس لندمارک‌های مربوط به شکل جمجمه پلنگهای البرز و زاگرس در نمای پشتی.

۲,۳. نمای جانبی

بر اساس آنالیز تابع تشخیص در نمای جانبی مجسمه نیز تفاوت معنی‌داری ($P = 0.008$) بین دو جمعیت البرز و زاگرس مشاهده شد (شکل ۴). مقایسه شکل نمای جانبی مجسمه نشان داد که تفاوت‌های عمده بین پلنگهای دو منطقه مورد مطالعه در قسمت میانی و انتهای مجسمه است. در جمعیت البرز لندمارک مربوط

به استخوان پس سری (لندمارک ۱۰) نشان دهنده بزرگ بودن این ناحیه در جمعیت البرز است. همچنین این جایجایی با جایجایی لندمارکها مربوط به ناحیه استخوان آهیانه به سمت بیرون مبین بزرگ بودن استخوان آهیانه در جمعیت البرز نسبت به زاگرس است. در شبکه تغییر شکل، انبساطی در ناحیه بینی دیده می‌شود که نشان دهنده بزرگ بودن این ناحیه در جمعیت زاگرس است.

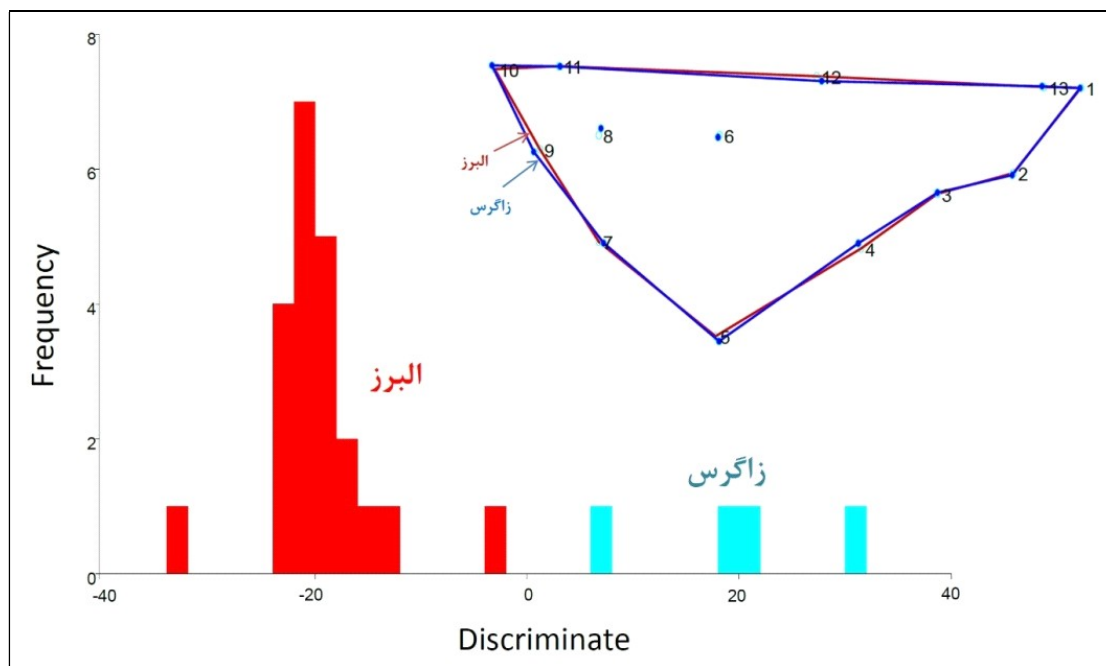


شکل ۴ - نمودارهای DFA و Wireframe میانگین مختصات تنظیم شده توسط GPA بر اساس لندمارکهای مربوط به شکل مجسمه پلنگهای البرز و زاگرس در نمای جانبی.

۳,۳. نمای شکمی

آنالیز تابع تشخیص (DFA) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل مجسمه دو جمعیت البرز و زاگرس در نمای شکمی وجود ندارد ($P = 0.881$)

(شکل ۵). با وجود اینکه تفاوت بین شکل مجسمه دو جمعیت البرز و زاگرس در نمای شکمی معنی‌دار نبود اما در مقایسه شکل نمای شکمی مجسمه، تفاوت‌هایی را در نواحی کمان زیگوماتیک و استخوان پس سری نشان داد.



شکل ۵ - نمودارهای DFA و گراف Wireframe میانگین مختصات تنظیم شده توسط GPA بر اساس لندمارکهای مربوط به شکل جمجمه پلنگهای البرز و زاگرس در نمای شکمی.

بینی در جمعیت زاگرس بزرگتر است. دو عامل ژنتیک و شرایط زیستگاهی را می‌توان مسئول تفاوت‌های ریختی درون گونه‌ای دانست (Meiri et al., 2005; Mazak, 2010). از این رو علاوه بر تاثیر وقایع تاریخی و اثر آن در تفاوت‌های ریختی بین افراد یک گونه در مناطق مختلف، فاکتورهای دیگری همچون نقش کارکردی متفاوت و پاسخ به فشار انتخابی محیط به واسطه از دست‌دهی یکپارچگی زیستگاه‌ها و تکه‌تکه شدگی جمعیت‌های مختلف یک گونه (Proctor, 2002; Loy et al., 2008)، به عنوان مهمترین عوامل موثر بر بروز تفاوت‌های ریختی معرفی شده‌اند.

طول دوره پوشیده شدن زمین از برف و همچنین میانگین درجه حرارت سالانه بین دو منطقه البرز و زاگرس تفاوت چندانی باهم ندارند، لذا به نظر نمی‌رسد

۴. بحث و نتیجه گیری

مطالعات ریخت‌سنجی جمجمه یکی از روشهای مهم در تشخیص تفاوت بین جمعیت‌های مختلف یک گونه است که می‌تواند تاثیر عوامل ژنتیکی و محیطی را بر روند توسعه و تکامل گونه‌ها نشان دهد (Meiri et al., 2008; Loy et al., 2005). تحلیل تفاوت‌های ریخت‌شناسی جمجمه پلنگ‌های البرز و زاگرس نشان داد که جمجمه هر دو منطقه تفاوت ریختی معنی‌داری دارند. این تفاوت‌ها بیشتر در ناحیه آرک زیگومات، استخوان پس‌سری و شروع استخوان بینی در پیشانی بودند. نتایج نشان داد در جمعیت البرز استخوان آهیانه (پاریتال) و استخوان پس‌سری بزرگتر از جمعیت در زاگرس است در حالیکه طول ناحیه پیشانی و ناحیه

(Taghdisi *et al.*, 2013; Farhadinia *et al.*,)
 2016; Sharbafi *et al.*, 2014). بزرگترین گرازهای
 کشور در مناطق جنگلی شمال شکار شده‌اند
 (Farhadinia, 2009). با توجه به اینکه گراز یکی از
 طعمه‌های اصلی پلنگ است، بزرگتر شدن جثه پلنگ
 در این منطقه از کشور را میتوان تا حدودی به بزرگی
 جثه طعمه اصلیش منتسب نمود. چنین تکامل توامی
 در افزایش جثه طعمه و طعمه‌خوار قبلا توسط محققین
 مختلفی گزارش شده است (Guitlemann, 1985;
 Zuccarelli, 2004). همچنین بزرگ بودن ناحیه
 آرک زیگومات و ناحیه پس‌سری جمجمه در پلنگهای
 البرز با افزایش حجم ماهیچه‌های پس‌سری و فکی
 جهت افزایش قدرت قدرت گاز گرفتن در برخی
 گوشتخواران گزارش شده است (Imani Harsini,
 2010; Nezami *et al.*, 2015; Imani Harsini *et*
 2016). اگرچه نتایج این مطالعه نشان میدهد که
 ریخت‌سنجی جمجمه میتواند به عنوان ابزار سودمندی
 برای تشخیص جمعیت‌های مختلف پلنگ در ایران به کار
 گرفته شود، با این وجود بررسیهای بیشتر از جمله
 روشهای ژنتیکی، میتواند اطلاعات تکمیلی دقیقتری
 برای شناسایی جمعیت‌ها / زیرجمعیت‌های مختلف این
 گونه و فهم ارتباطات تکاملی آنها در ایران فراهم آورد.

تقدیر و تشکر: بدینوسیله از همکاری تمامی
 کارشناسان محترم ادارات حفاظت محیط زیست و
 همچنین اشخاصی که در تهیه جمجمه برای انجام این
 مطالعه همکاری داشته‌اند، کمال تشکر را داریم.

که سازش به تغییرات آب و هوایی و افزایش جثه به
 منظور جلوگیری از دست دهی حرارت بدن در بین
 جمعیت‌های پلنگ ایرانی بروز نموده باشد. اگرچه مطالعه
 گی و بست (Gay & Best, 1996) درباره شیرهای
 کوهی نشان داد که اندازه جثه این گونه در سراسر
 پراکنش آن در قاره آمریکا همبستگی معکوسی با
 میانگین بارش سالیانه و تبخیر و تعرق سالیانه واقعی
 دارد و افراد درشت جثه‌تر در مناطق خشک‌تر زیست
 می‌کنند. رژیم غذایی و سازش به نوع منابع غذایی در
 دسترس بر ویژگی‌های جمجمه‌ای - دندانی از جمله
 شکل عضلات فک، دندان‌های کارناسیال، کمان
 زیگوماتیک و آرواره‌های گوشتخواران بزرگ جثه اثر
 مستقیم داشته و منجر به تفاوت‌های ریختی جمجمه
 در بین جمعیت‌های یک گونه می‌گردد (Figueirido
 2010). اگرچه تاکنون مطالعه‌ای در خصوص
 تفاوت رژیم غذایی پلنگ‌های دو منطقه البرز و زاگرس
 صورت نگرفته است، با این وجود و با توجه به شرایط
 زیستگاهی پلنگ‌های دو منطقه، می‌توان انتظار داشت
 بخشی از این تفاوت ریختی متأثر از تفاوت منابع غذایی
 در دسترس باشد. تنوع منابع غذایی در دسترس چه از
 لحاظ کیفی و چه از لحاظ کمی یکی از مهمترین
 فاکتورهای مؤثر بر تفاوت‌های ریخت‌شناختی در اندازه
 جمجمه خرس‌های قهوه‌ای معرفی شده است
 (Ohdachi *et al.*, 1992).

در ایران کل و بز (*Capra aegagrus*)، قوچ و میش
 (*Ovis orientalis*) و گراز (*Sus scrofa*) در اغلب
 زیستگاهها، طعمه اصلی پلنگ را تشکیل می‌دهند

References:

- Adams, D.C., Rohlf, F.J., Slice, D.E., 2004. Geometric morphometrics: Ten years of progress following the 'Revolution'. Italian Journal of Zoology 71, 5-16.
- Bookstein, F.L., 1991. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cardini, A., Diniz Filho, J.A.F., Polly, P.D., Elton, S., 2010. Biogeographic analysis using geometric morphometrics: clines in skull size and shape in a widespread African arboreal monkey. A.M.T. Elewa (Ed.), Morphometrics for Nonmorphometricians, Lecture Notes in Earth Sciences 124, Springer-Verlag Publishers, Heidelberg, Germany.
- Drake, A.G., Klingenberg, G.P., 2010. Large-Scale Diversification of Skull Shape in Domestic Dogs: Disparity and Modularity. American naturalist 175, 289-301.
- Farhadinia, M.S., Moqanaki, E.M., Hosseini-Zavarei, F., 2014. Predator-prey relationships in a middle Asian Montane steppe: Persian leopard versus Urial wild sheep in Northeastern Iran. European Journal of Wildlife Research 60(2), 341-349.
- Farhadinia, M.S., Ahmadi, M., Sharbafi, E., Khosravi, S., Alinezhad, H., Macdonald, D.W. 2015. Leveraging trans-boundary conservation partnerships: persistence of Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in the Iranian Caucasus. Biological Conservation 191, 770-778.
- Farhadinia, M.S., 2009. Taxonomy, genetic diversity and craniometrical analysis of Persian leopard, MSc thesis. Department of Environment, University of Tehran, Karaj, Iran, 220 p. (in Persian).
- Figueirido, B., SERRANO-ALARCÓN, F.J., Slater, G.J., Palmqvist, P., 2010. Shape at the cross-roads: homoplasy and history in the evolution of the carnivoran skull towards herbivory. Journal of Evolutionary Biology 23, 2579-2594.
- Figuerido, B., Palmqvist, P., Perez-Claros, J.A., 2009. Ecomorphological correlates of craniodontal variation in bears and paleobiological implications for extinct taxa: an approach based on geometric morphometrics. Journal of Zoology 277, 70-80.
- Gavashelishvili, A., Lukarevskiy, V., 2008. Modelling the habitat requirements of leopard *Panthera pardus* in west and central Asia. Journal of Applied Ecology 45, 579-588.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4, 1.
- Imani Harsini, J., 2010. Craniometric variations in brown bear (*Ursus arctus*) of Alborz Mountain and Zagros Mountain. MSc Seminar. Department of Environment, University of Tehran, Karaj, Iran, 78 p. (In Persian).
- Imani Harsini, J., Kaboli, M., Ahmadi, M., Khosravi, R., Nazarizadeh, M., Rasoulinasab, F., 2016. Morphometric variation in the skull of Brown bear in Alborz and Zagros mountains. Journal of Applied Biology 29(2), 5-22 (In Persian).
- Jacobson, A.P., Gerngross, P., Lemeris Jr, J.R., Schoonover, R.F., Anco, C., Breitenmoser-Würsten, C., Laguardia, A., 2016. Leopard (*Panthera pardus*) status, distribution, and the research efforts across its range. PeerJ 4, e1974.
- Khorozyan, I., 2008. *Panthera pardus* ssp. saxicolor: IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. Available at://www.iucnredlist.org (Last accessed on 19 January 2012).
- Kiabi, B.H., Dareshouri, F.B., Ghaemi, A., Jahanshahi, M., 2002. Population status of the Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor* Pocock, 1927) in Iran. Zoology in the Middle East 26, 41-47.
- Klingenberg, C.P., 2008. MorphoJ. Faculty of Life Sciences, University of Manchester, UK. Available at <http://www.flywHYPERLINK>
"http://www.flywings.org.uk/MorphoJ-page.htm"
DongHYPERLINK

"http://www.flywings.org.uk/MorphoJ-page.htm"
ings.org.uk/MorphoJ-page.htm.

Loy, A., Genov, P., Galfo, M., Jacobone, M.G., Vigna, A., 2008. Cranial morphometrics of the pennine brown bear (*Ursus arctos marsicanus*) and preliminary notes on the relationships with other southern European populations. Italian Journal of Zoology 75, 67-75.

Mazak, J.H., 2010. Craniometric variation in the tiger (*Panthera tigris*): Implications for patterns of diversity, taxonomy and conservation. Mammalian Biology 75, 45-68.

Meiri S.h., Dayan T., Simberlof D., 2005. Biogeographical patterns in the Western Palearctic: the fasting-endurance hypothesis and the status of Murphy's rule. Journal of Biogeography 32, 369-375.

Milenković, M., Blagojević, V.J.Š.J., Tatović, S., Vujošević, M., 2010. Skull variation in Dinaric-Balkan and Carpathian gray wolf populations revealed by geometric morphometric approaches. Journal of Mammalogy 91, 376-386.

Mitteroecker, P., Gunz, P., 2009. Advances in Geometric Morphometrics. Evolutionary Biology 36, 235-247.

Murtskhvaladze, M., Gavashelishvili, A., Tarkhishvili, D., 2010. Geographic and genetic boundaries of brown bear (*Ursus arctos*) population in the Caucasus. Molecular Ecology 19, 1829-1841.

Nezami, B., Karami, M., Eagderi, S., Kaboli, M., 2015. Allometric growth pattern and sexual dimorphism of skull on brown bear (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) of the Alborz Mountain. Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources 68(1), 137-154 (In Persian).

Nowell, K., Jackson, P., 1996. Wild Cats: Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC Cat Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland.

Ohdachi, S., Aoi, T., Mano, T., Tsubota, T., 1992. Growth, Sexual Dimorphism, and Geographical Variation of Skull Dimensions of the Brown bear

Ursus arctos in Hokkaido. Journal of Mammalogy 17, 27-47.

Proctor, M.F., 2002. Population Fragmentation of Grizzly bear in Southeastern British Columbia, Canada. Ursus 13, 153-160.

Rohlf, F. J., 2003. tpsSmall, version 1.20. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.

Rohlf, F.J., 2006. TpsDig2, Version 2.10. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.

Rohlf, F.J., Marcus, L.F., 1993. A revolution in morphometrics. Trend in Ecology and Evolution 8, 129-132.

Rohlf, F.J., Slice, D.E., 1990. Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. Systematic Zoology 39, 40-59.

Sharbafi, E., Farhadinia, M.S., Rezaie, H.R., Brackowski, A.R., 2016. Prey of the Persian Leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in a mixed forest-steppe landscape in northeastern Iran (Mammalia: Felidae). Zoology in the Middle East 62(1), 1-8.

Taghdisi, M., Mohammadi, A., Nourani, E., Shokri, S., Rezaei, A., Kaboli, M., 2013. Diet and habitat use of the endangered Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in northeastern Iran. Turkish Journal of Zoology 37(5), 554-561.

Uphyrkina, O., Johnson, W.E., Quigley, H., Miquelle, D., Marker, L., Bush, M., O'Brien, S.J., 2001. Phylogenetics, genome diversity and origin of modern leopard, *Panthera pardus*. Molecular Ecology 10, 2617-2633.

Ziaie, H., 2008. A Field Guide to Mammals of Iran. 2nd ed. Wildlife Center Publication, Tehran, Iran (in Persian).

Zuccarelli M.D., 2004. Comparative morphometric analysis of captive vs. wild African lion (*Panthera leo*) skulls. Bios 75, 131-138.