

بررسی تفاوت های ریخت‌شناختی جمجمه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*)

کشور به روش ریخت‌سنجدی هندسی

سجاد توکلی^۱؛ محمد کابلی^{۲*}؛ سهیل ایگدری^۳؛ محمود کرمی^۴؛ محسن احمدی^۵ و علیرضا محمدی^۶

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 ریخت‌سنجدی 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 پشتی، شکمی و جانبی عکسبرداری و لندمارک‌های مورد نظر جانمایی شدند. از تحلیل پرداز است 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: ریخت‌سنجدی جمجمه، پلنگ ایرانی، تحلیل شکل، لندمارک.

۱. مقدمه

(Murtskhvaladze *et al.*, 2010). پلنگ

ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) به عنوان یکی از مهمترین طعمه‌خواران در رأس هرم غذایی و بزرگترین گربه‌سان ایران، سازش‌پذیرترین و در نتیجه دارای گستردگی‌ترین پراکنش در خانواده گربه‌سانان است. (Nowell & Jackson, 1996).

تخرب 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 پراکنش 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 آرایه شناختی 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

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

نمای شکمی ۱۳ نقطه لندهارک و در نمای جانبی ۱۵ نقطه لندهارک 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 (Cardini *et al.*, 2010) فقط نیمه راست نمونه‌ها لندهارک‌گذاری شدند. در این پژوهش به منظور حذف دادهای غیر شکل، جایگاه لندهارکها با استفاده از 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 Hammer 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 TPSSmall (Rohlf, 2003) استخراج و الگوهای تغییر شکل بین گروه‌ها با استفاده از گرافهای Wireframe در نرم‌افزار MorophoJ 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 تفاوتها ریخت‌شناختی جمجمه بین دو منطقه البرز و زاگرس به انجام رسیده است.

۲. مواد و روشها

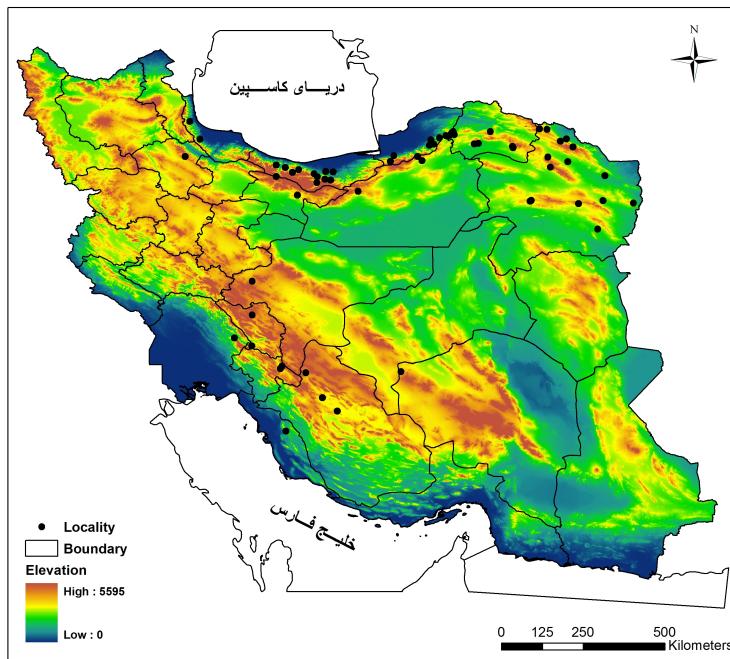
۲.۱. جمع‌آوری نمونه

شکل ۱ محدوده پراکنش پلنگ را در ایران نشان می‌دهد. با استفاده 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 ریخت‌سنگی، از سطوح پشتی، شکمی و جانبی نمونه‌های سالم با استفاده دوربین دیجیتال ۱۴ مگاپیکسل عکسبرداری شد. سپس بر روی نمای پشتی ۱۱ نقطه لندهارک، 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 گسترده رنگی از بالاترین مطلوبیت به رنگ قرمز تا کمترین مطلوبیت به رنگ آبی نشان داده شده است.

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

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

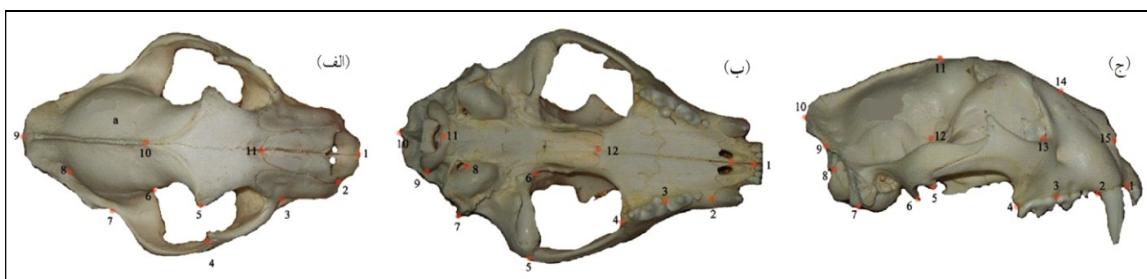
با استفاده از نرمافزار (Klingenberg, 2008) MorphoJ روی هم گذاری شدند.

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 MorphoJ و PAST انجام شد (Hammer et al., 2001). همچنین شکل میانگین یا اجماع هر گروه (نمونه‌های جمجمه پلنگ البرز و زاگرس) با TPSSmall (Rohlf, 2003) استفاده از نرم افزار (Rohlf, 2006) 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 دادهای غیر شکل، جایگاه لندمارک‌ها با Generalized استفاده از تحلیل پروکراست (Procrustes Analysis; Rohlf & Slice, 1990) و

۲. استخراج داده‌های شکل

برای استخراج داده‌های شکل در روش ریخت‌سنگی، 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., 2008; Klingenberg, 2010; Figueirido et al., 2010) تعريف و با استفاده از نرمافزار TpsDig2 (2010) (Rohlf, 2006) رقومی 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 دادهای غیر شکل، جایگاه لندمارک‌ها با Generalized استفاده از تحلیل پروکراست (Procrustes Analysis; Rohlf & Slice, 1990)



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

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

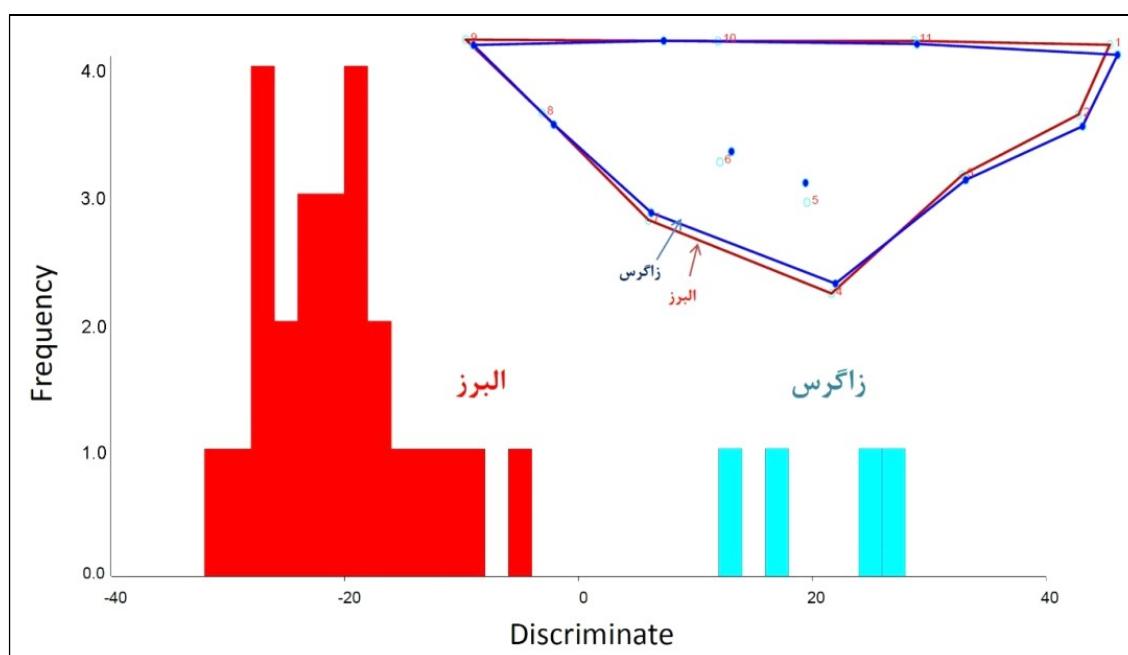
شماره لندهارک	توصیف لندهارک
(الف) نمای پشتی:	
۱	نقطه میانی پیش فکی (Premaxilla) در نوک پایینی استخوان سپتوم (Septum) بین دندانهای پیش مرکزی فوکانی
۲	پایین ترین نقطه درز سمت راست بینی
۳	تقاطع بین آرک زیگوماتیک استخوان گونه (راست) و ماگزیلا استخوان آرواره
۴	نقطه میانی درز بین دو استخوان جوگال و اسکوآموزال (Squamosal-Jugal suture)
۵	بالاترین نقطه زائده پس حدقهای (Postorbital process)
۶	ابتدایی ترین نقطه محل اتصال اسکوآموزال (Squamosal) به استخوان پیشانی (Frontal)
۷	پایین ترین نقطه خمیدگی استخوان اسکوآموزال
۸	بالاترین نقطه خمیدگی روی سمت راست براینکس
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 اسکوآموزال (Squamosal-Jugal suture)
۶	نقطه اوج استخوان پتریگوئید (Pterygoid)
۷	بیرونی ترین نقطه اکاستیک میتوس وابسته به شناوری
۸	نقطه اوج استخوان پاراکسی 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 اسکوآموزال بالا (Squamosal)
۶	نقطه اوج استخوان اسکوآموزال 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)

بزرگ شدن این ناحیه نسبت به جمعیت زاگرس است. همچنین لندهای ناحیه پیش فکی (لندهای 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 لندهای شماره ۱۰ به سمت بیرون بیانگر بزرگ شدن طول ناحیه پیشانی نیست به جمعیت البرز است. به علاوه جابجایی لندهای شماره ۵ مربوط به بالاترین نقطه زائده پس حدقه‌ای به سمت بیرون، نشان دهنده کشیدگی عرضی این ناحیه در جمعیت البرز است. جابجایی لندهای ناحیه استخوان آهیانه (لندهای شماره ۷ تا ۱۰) به سمت جانبی نشان دهنده بزرگ بودن استخوان آهیانه (پاریتال) در جمعیت البرز نسبت به زاگرس است.

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 (لندهای شماره ۹) به طرف پشت جابجا شده است. این جابجایی بیانگر بزرگ بودن استخوان پس‌سری در جمعیت البرز است. همچنین در جمعیت البرز جابجایی لندهای مربوط به استخوان اسکوآموزال (لندهای شماره ۴ و ۷) به سمت بیرون، بیانگر

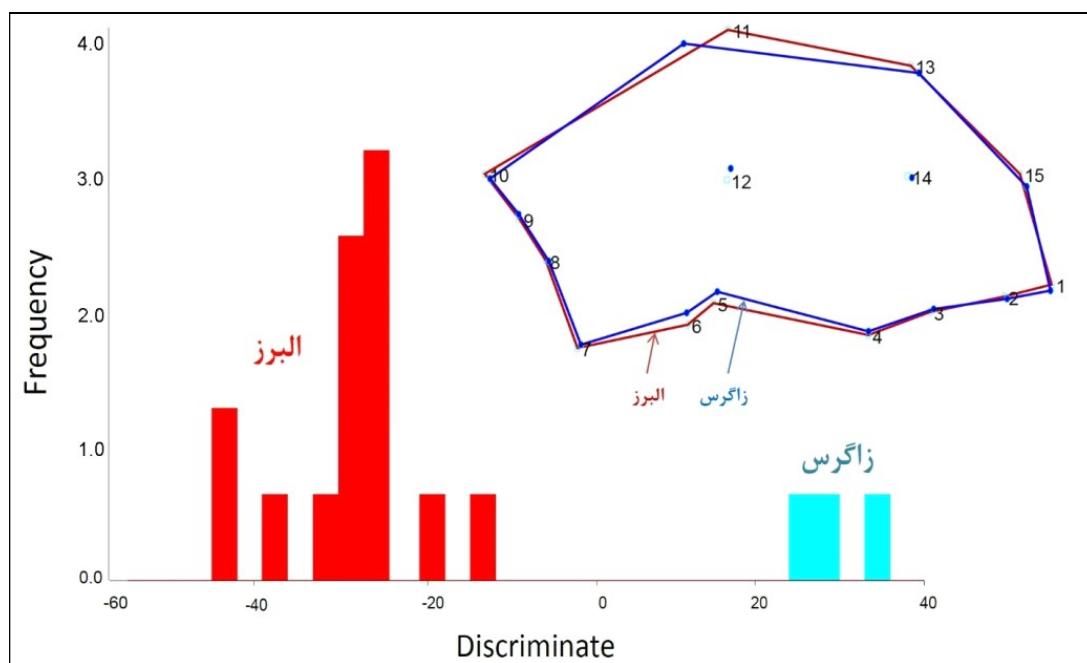


شکل ۳ - نمودارهای DFA و Wireframe میانگین مختصات تنظیم شده توسط GPA بر اساس لندهای مربوط به شکل جمجمه پلنگهای البرز و زاگرس در نمای پشتی.

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، انساطی در ناحیه بینی دیده می‌شود که نشان دهنده بزرگ بودن این ناحیه در جمعیت زاگرس است.

۲.۳. نمای جانبی

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

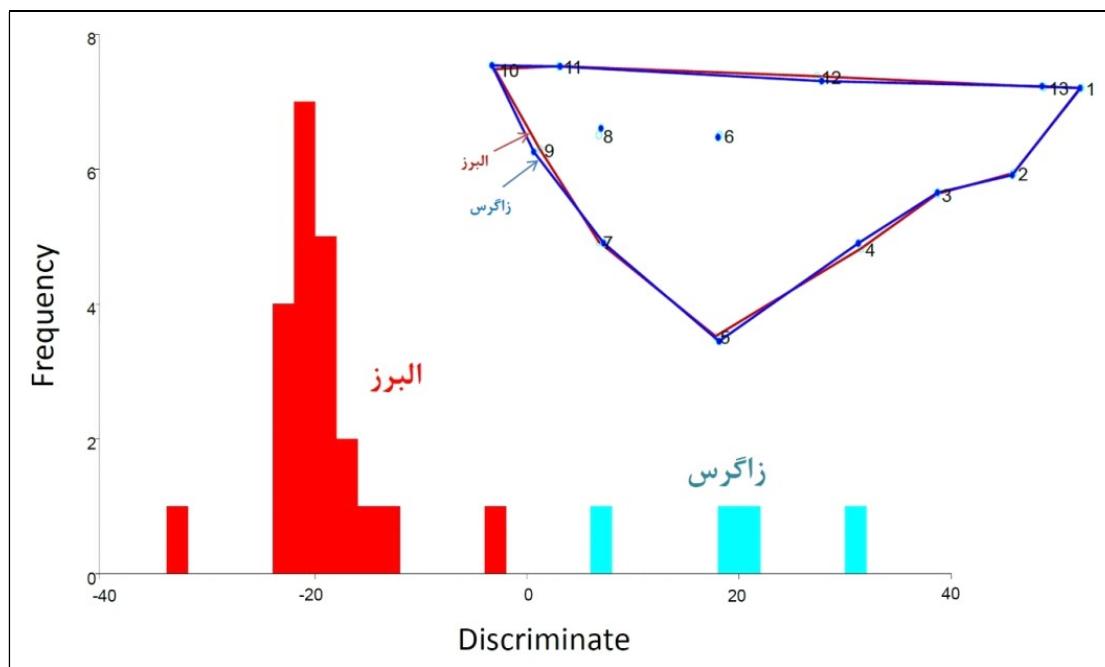


شکل ۴ - نمودارهای DFA و Wireframe میانگین مختصات تنظیم شده توسط GPA بر اساس لندمارکهای مربوط به شکل جمجمه پلنگهای البرز و زاگرس در نمای جانبی.

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

۳.۳. نمای شکمی

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



شکل ۵ - نمودارهای DFA و گراف Wireframe میانگین مختصات تنظیم شده توسط GPA بر اساس لندهای 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; Proctor, 2002; Loy *et al.*, 2008). از این رو علاوه بر تاثیر واقعی 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 (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 ریخت‌سنگی 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.*, 2005; Loy *et al.*, 2008). 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.*, 2014; Sharbafi *et al.*, 2016 (Farhadinia, 2009). بزرگترین گرازهای کشور در مناطق جنگلی شمال شکار شده‌اند (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 al.*, 2016). اگرچه نتایج این مطالعه نشان میدهد که ریخت‌سنجدی 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 *et al.*, 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 ریخت‌شناسی در اندازه جمجمه خرس‌های قهوه‌ای معرفی شده است (Ohdachi *et al.*, 1992).

در ایران کل و بز (*Capra aegagrus*), قوچ و میش (*Sus scrofa*) و گراز (*Ovis orientalis*) 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.
- Figueirido, B., Palmqvist, P., Perez-Claros, J.A., 2009. Ecomorphological correlates of craniodental 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"](http://www.flywings.org.uk/MorphoJ-page.htm)
DongHYPERLINK

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

Loy, A., Genov, P., Galfo, M., Jacobone, M.G., Vigna, A., 2008. Cranial morphometries 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., Tarkhnishvili, 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., Braczkowski, 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.

Upshyrkina, 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.