

بررسی الگوهای رشد و دوشکلی جنسی جمجمه در خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) در رشته کوه‌های البرز ایران

باقر نظامی بلوچی^{۱*}، محمود کرمی^۲، سهیل ایگدردی^۳، محمد کابلی^۴

۱. دانشجوی دکتری محیط زیست گروه محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲ و ۴. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

۳. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران کرج، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۱۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۷/۲۱)

چکیده

در این پژوهش به دو روش ریخت‌سنجی سنتی و هندسی، الگوی رشد جمجمه‌ای و دوریختی جنسی خرس‌های قهوه‌ای^۱ از نابالغ تا بالغ در دو جنس نر و ماده در محدوده رشته‌کوه البرز بررسی و مقایسه شد. داده‌های بررسی شده از تصاویر دوبعدی تهیه‌شده از نمونه‌ها توسط نرم‌افزار ImageJ استخراج و الگوی رشد آلومتری به صورت تابع توانی طول کل با استفاده از داده‌های تغییرنیافته اندازه‌گیری شدند. نتایج گویای تغییرات بین بخش‌های مختلف جمجمه در افراد بالغ در روش مبتنی بر شکل بود. مطالعه الگوی رشد آلومتری بر پایه داده‌های قابل اندازه‌گیری، الگوهای تغییرات جمجمه را در طول رشد بین نرها و ماده‌ها به خوبی نشان داد. طی توسعه بخش‌های مختلف جمجمه از نابالغ به بالغ دو جنس نر و ماده، رشد به شکل متعادل تا سن مشخص یعنی تا زمانی که دوریختی جنسی در دو جنس شروع به ظهور می‌کند ادامه می‌یابد. مقایسه اشکال به دست‌آمده دو جنس گویای تقویت و استحکام بیشتر بخش‌های مختلف جمجمه در جنس نر است. بررسی دوریختی جنسی جمجمه خرس‌ها با استفاده از ریخت‌سنجی هندسی نشان‌دهنده وجود دوریختی جنسی در بخش‌های مختلف جمجمه در هر سه نمای پشتی، جانبی و شکمی است. به‌طور کلی، جمجمه در جنس نر بالغ تمایل به بزرگ‌تر شدن و استحکام به نسبت جمجمه ماده بالغ دارند. در مقابل ماده‌های بالغ نسبت به هم‌نوعان نر خود جمجمه بلندتر، باریک‌تر و ضعیف‌تری دارند.

کلیدواژگان: الگوی رشدشناسی، جمجمه، خرس قهوه‌ای، دوریختی جنسی، رشته‌کوه البرز، ریخت‌سنجی هندسی.

۱. مقدمه

کاربرد دارد (Sansom, 2009). برخلاف ریخت‌سنجی سنتی، در ریخت‌سنجی هندسی اطلاعات شکل از مختصات لندمارک‌ها به دست می‌آید (Adams et al., 2004) که در واقع نقاطی هستند که براساس کارکرد زیست‌شناختی آن‌ها تعیین می‌شوند (Richtsmeier et al., 2002). همچنین، تحلیل‌های ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه، این امکان را به ما می‌دهند تا تفاوت‌های شکلی قابل دیدن شوند.

در راه مطالعه دوریختی جنسی و چگونگی ایجاد تغییرات در جمجمه خرس‌های قهوه‌ای ایران، تنها مطالعه افراد بالغ کافی نیست بلکه آگاهی از تغییرات اندازه جمجمه و شکل در طول تغییرات فردزایی نیز لازم است. اگرچه در این مطالعه نمی‌توان بیان کرد که کدام تغییرات دقیقاً در چه سنی بین نرها و ماده‌ها ظاهر می‌شود و آیا این تغییرات به‌طور هم‌زمان در تمام بخش‌های جمجمه اتفاق می‌افتد یا نه. آلومتری به‌منزله رشد ناهمسان بخش‌های مختلف بدن، یک ویژگی معمول در تکوین جانوران است (Fuiman, 1983). آلومتری توصیف ارتباط بین ابعاد اندام‌های موجودات زنده و تغییرات مطلق است که این اندام‌ها نسبت به یکدیگر دارند. مطالعه روند تکوین ریختی و الگوهای رشد این امکان را می‌دهد تا تقدم شکل‌گیری اندام‌ها و سازگاری‌های مربوط به اندازه در آن‌ها درک شود و شناخت بهتری پیرامون زیست‌شناسی، رفتار و اکولوژی آن‌ها به دست آید (Gisbert, 1999). همچنین می‌توان در زیست‌شناسی و ارزیابی شکل‌گیری ریختی گونه‌ها استفاده شود (Koumoundouros et al., 1999). از این‌رو در این مطالعه با هدف بررسی الگوی رشد آلومتری جمجمه و دوریختی جنسی خرس قهوه‌ای در جمعیت رشته‌کوه البرز به اجرا درآمد. مهم‌ترین مشکل این بررسی فقدان جمجمه کافی از افراد نابالغ و ماده‌ها بود. بنابراین، از آنجاکه جمجمه کافی از حوزه قفقاز و زاگرس به دست نیامد، محدوده مطالعه تنها به البرز محدود شد. البته این امر به دلیل تلفات کم نبوده است، بلکه

خرس قهوه‌ای ایران (*Ursus arctos*) به‌طور گسترده در شمال، غرب و شمال غربی کشور در امتداد رشته‌کوه‌های البرز (آستارا تا شرقی‌ترین ناحیه استان گلستان)، زاگرس (جنوب آذربایجان تا نزدیک شیراز در استان فارس) و محدوده ارسباران (استان‌های آذربایجان شرقی، غربی و اردبیل) پراکنش دارد (Lay, 1967; Etemad, 1985; Ziyaie, 2007; Nezami, 2007). در بررسی تنوع ریختی و تغییرات فردزایی^۱ مهره‌داران از ویژگی‌های جمجمه استفاده می‌شود، چراکه هر دو خصوصیات ژنتیکی و فشارهای عملکرد محیطی بر روی آن مؤثرند (Caumul & Polly, 2005; Cordeiro-Estrela et al., 2008; Tabatabaei, 2011). بررسی الگوی رشد آلومتری یا تغییرات اونتوژنتیک، تغییرات اندازه و شکل گونه یا ساختار آن مثل جمجمه را در طول رشد جانور از نابالغ تا بالغ بررسی می‌کند. شناخت الگوی رشد آلومتری جمجمه موجود به درک تغییرات اندازه و شکل آن در طول رشد و شناخت تنوع ناشی از دوریختی جنسی در افراد بالغ کمک می‌کند (Grandal- & Lopez-Gonzalez, 2005) و داده‌های لازم برای مطالعه تغییرات بین جنس‌های نر و ماده را در سنین مختلف فراهم می‌کند.

دوریختی جنسی پدیده‌ای رایج در اغلب گونه‌هایی است که نظام تولیدمثلی چندزنی دارند و شدت آن گویای شدت رقابت نر-نر است (Christiansen & Harris, 2012). کمی کردن تغییرات ریختی دو جنس خرس قهوه‌ای ممکن است ما را در درک تاریخ طبیعی گونه در محدوده زیستی آن کمک کند چراکه این امر چه از نظر تئوری و چه کاربردی در درک بوم‌شناسی گونه مؤثر است. بررسی‌های دوریختی جنسی در این پژوهش با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی انجام شد. این روش کمی به‌طور گسترده برای مقایسه تغییرات اشکال ساختارهای زیست‌شناسی

تنها عامل، نبود آگاهی مردم و کارشناسان و معدوم کردن جمجمه‌هاست. همچنین بیش از ۷۰ نمونه در موزه سازمان حفاظت محیط زیست موجود است که متأسفانه به دلیل شناسنامه‌دار نبودن و مشخص نبودن موقعیت مکانی از آن‌ها استفاده نشد.

۲. مواد و روش‌ها

محدوده این بررسی رشته‌کوه البرز یعنی از آستارا در غربی‌ترین نقطه استان گیلان تا شرقی‌ترین بخش استان گلستان است. محدوده شمال کشور که به دلیل وجود جنگل‌های انبوه به‌ویژه در ضلع شمالی، چشم‌اندازهای ایرانی- تورانی در ضلع جنوبی، محدوده ارتفاعی تا ۵۶۰۰ متر که علفزارهای حاشیه جنوبی دریای خزر را نیز شامل می‌شود، پناهگاه بزرگ‌ترین جمعیت خرس قهوه‌ای در کشور است (Etemad, 1985; Gutleb & Ziaie, 1999; Nezami, 2007). جنگل‌هایی که بسیاری از بخش‌های آن در ارتفاعات از دی تا فروردین به زیر برف می‌روند. این مناطق در مجموع زیستگاه مناسب‌تری را برای خرس‌ها فراهم می‌کنند. این مطالعه از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ با جمع‌آوری ۴۶ نمونه جمجمه (۲۴ نر، ۱۱ ماده و ۱۱ نابالغ) از موزه‌های اداره‌های کل حفاظت محیط زیست استان‌ها، موزه‌های شخصی و خرس‌هایی که در طبیعت تلف می‌شدند، انجام شد. نمونه جمجمه‌های به‌دست‌آمده براساس محدوده جمع‌آوری، بالغ و نابالغ و جنسیت گروه‌بندی شدند. تشخیص جمجمه خرس‌های بالغ و نابالغ و جنسیت آن‌ها براساس ساختار ظاهر بیرونی مانند شاخص‌های تغییر پوشش دندان، وضعیت درزهای جمجمه، طول کندیلوبازال و همچنین طول تیغه ساجیتال صورت گرفت (Zavatsky, 1976). این روش، الگویی ساده دارد که پس از تفکیک بالغ‌ها از نابالغ‌ها می‌توان با الگوی ارائه‌شده، جنس‌ها را جدا کرد. دلیل جداکردن نابالغان از بالغ‌ها آن است که در

نمونه‌های جمجمه نر بیشتر از ماده‌ها و نابالغ‌ها بودند چراکه مورد علاقه شکارچیان و موزه‌داران هستند و همچنین تعارض بیشتری را نیز با مردم محلی دارند، بنابراین تلفات در آن‌ها بالاست.

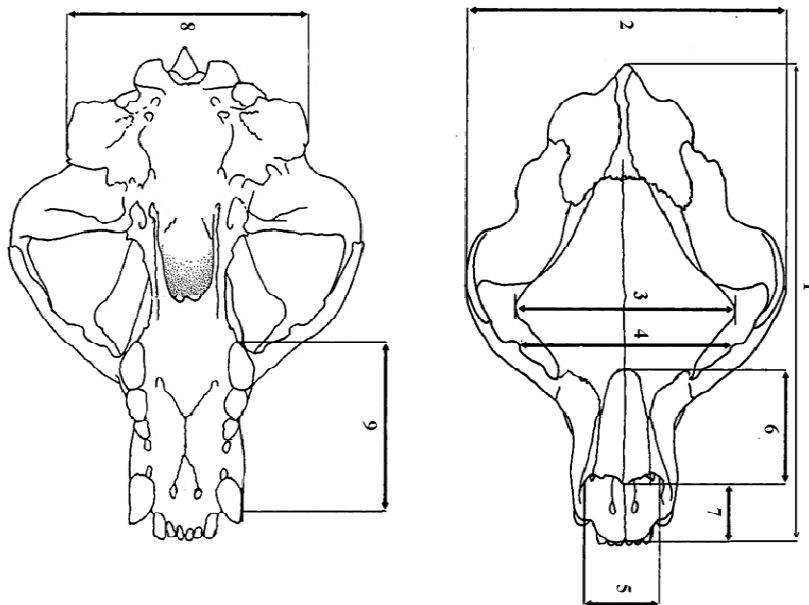
۱.۲. روش سنتی

از آنجاکه تغییرات رشدی طی فرایند فردزایی جمجمه نیازمند بررسی‌های اندازه در طول رشد است، بنابراین برای بررسی الگوی رشد آلومتری از روش ریخت‌سنجی سنتی استفاده شد. بر این اساس تعداد ۹ فاصله بر روی نماهای پشتی و شکمی از روی تصاویر تهیه‌شده با استفاده از نرم‌افزار ImageJ سنجیده شدند (شکل ۱). برای استخراج داده‌ها از جمجمه‌های نمونه‌برداری‌شده تصاویر دوبعدی توسط دوربین دیجیتال مدل Fuji HS10 تهیه شد. برای این منظور دوربین بر روی یک سه‌پایه تراز و از نماهای پشتی، جانبی و شکمی جمجمه‌ها براساس یک روش استاندارد شده عکس‌برداری شد. در تمامی عکس‌ها یک کاغذ میلی‌متری و خط‌کش نیز در کنار نمونه قرار داده شدند تا مقیاس تصاویر هنگام تجزیه و تحلیل به دست آید. صفات اندازه‌گیری جمجمه عبارت‌اند از: ۱. طول کل جمجمه؛ ۲. پهنای آرک‌های زیگوماتیک همسان (عرض کل جمجمه)؛ ۳. فاصله ساختار هشتی همسان استخوان چشمی؛ ۴. فاصله بین دو زائده چشمی آرک‌های زیگوماتیک (عرض پیشانی)؛ ۵. خط عرضی پهنای حفره استخوان بینی؛ ۶. بیشترین طول استخوان بینی؛ ۷. طول حفره استخوان جلوی بینی (طول پوزه)؛ ۸. طول ماستوئیدهای

بر روی داده‌های لگاریتمی شده با استفاده از طول کل به منزله متغیر مستقل انجام شد. نقاط عطف^۲ منحنی‌های رشد براساس روش Van Snik و همکاران (۱۹۹۷) تعیین شد. پس از تعیین نقاط عطف رشد، نرخ‌های رشد منطقه‌ای توسط مدل Huxley براساس (Fuiman, 1983) انجام شد. آنالیز داده‌ها در مایکروسافت اکسل ۲۰۱۳ و نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۶ انجام پذیرفت.

همسان؛ و ۹. فاصله لبه پیشین بزرگ‌ترین نیش و لبه عقبی‌ترین دندان آسیا (طول ردیف دندانی) (شکل ۱).

الگوی رشد آلومتری به صورت تابع توانی طول کل با استفاده از داده‌های تغییرنیافته اندازه‌گیری شدند که در آن a عرض از مبدأ^۱ و b ضریب رشد است. در این فرمول $b=1$ بیانگر رشد ایزومتریک، $b>1$ نشان‌دهنده رشد آلومتری مثبت و $b<1$ بیانگر رشد آلومتری منفی است. رگرسیون خطی



شکل ۱. اندازه‌گیری‌های صفات جمجمه خرس قهوه‌ای در بررسی الگوی رشد آلومتری

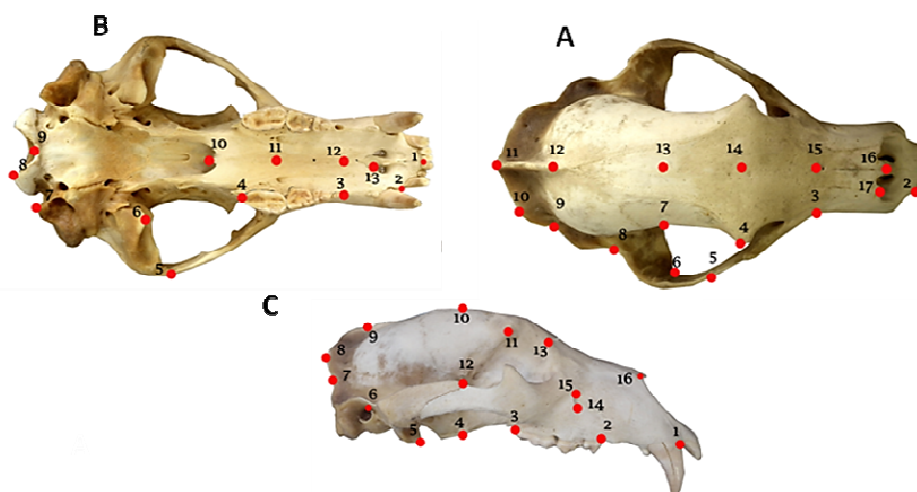
۱.33 ver, (Rohlf, 2006) به یک فایل قابل اجرا در برنامه TpsDig2 تبدیل و سپس لندمارک‌گذاری بر روی سه‌نمای جمجمه‌ها، با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 ver, 2.10 (Rohlf, 2006) انجام شد. دلیل تعریف شبه لندمارک، عدم امکان قراردادن لندمارک در برخی بخش‌ها بود. برای اجتناب از ایجاد اطلاعات اضافی در ساختارهای متقارن فقط یک نیمه‌جمجمه یعنی نیمه راست لندمارک‌گذاری شد (Cardini et al., 2010). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها لازم است لندمارک‌های تعیین‌شده در تمام نمونه‌ها یکسان باشد (Zelditch et al., 2004).

۲.۲. روش هندسی

بررسی دوریختی جنسی با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی انجام شد. در این روش و به منظور استخراج داده‌های شکل، بر روی نماهای پشتی ۱۲ لندمارک و ۵ شبه لندمارک، در نمای شکمی ۱۱ لندمارک و ۲ شبه لندمارک و در نمای جانبی ۱۳ لندمارک و ۳ شبه لندمارک با استفاده از لندمارک‌های توصیف‌شده در گوشت‌خواران دیگر (Loy et al., 2008; Milenkovic et al., 2010; Drake & Klingenberg, 2010; Figueirido et al., 2011) تعریف شد (جدول ۱ و شکل ۲). ابتدا فایل تصاویر توسط برنامه TpsUtil

مصورسازی شدند. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزارهای MorphoJ ver. 1.05 و PAST ver. 2.17 استفاده شد (Hammer *et al.*, 2001; Tabatabaei, 2011;) این گروه (Ghanbari, 2013; Klingenberg, 2008). برای تجزیه و تحلیل مجموعه از داده‌ها در روش ریخت‌سنجی هندسی هستند (Tabatabaei, 2011).

برای روی هم‌گذاری یا حذف داده‌های غیرشکل از آنالیز (GPA)^۱ استفاده شد (Rohlf & Slice, 1990). داده‌های شکل دو جنس پس از آنالیز پروکراست، با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره تشخیص تحلیلی DFA و Ttest Hotelling تحلیل شدند. تفاوت شکل دو جنس براساس میانگین شکل آن‌ها با استفاده از شبکه‌های تغییر شکل^۲



شکل ۲. موقعیت لندمارک‌ها بر روی جمجمه خرس قهوه‌ای در نماهای: پشتی (A)، شکمی (B) و جانبی (C)

جدول ۱. تعریف و شماره لندمارک‌ها در تجزیه و تحلیل ریختی^۰

لندمارک	تعریف
نمای پشتی	
۱	نقطه میانی پیش‌فکی در نوک پایین استخوان سپتوم بین دندان‌های پیش فوقانی
۲	نقطه روی دندان پیش سوم
۳	تقاطع بین آرک زیگوماتیک و فک
۴	بالاترین نقطه زائده پس‌حدقه‌ای
۵	نقطه میانی درز بین دو استخوان جوگال و اسکواموزال
۶	بالاترین نقطه خمیدگی داخلی آرک زیگوماتیک
۷	ابتدایی‌ترین نقطه محل اتصال اسکواموزال به استخوان پیشانی
۸	پایین‌ترین نقطه خمیدگی استخوان اسکواموزال
۹	پایین‌ترین نقطه محل تقاطع استخوان اسکواموزال یا استخوان پاریتال
۱۰	* امتداد خطی از لندمارک ۸ و ۹ تا جایی که لبه استخوان پاریتال را قطع کند
۱۱	بالاترین نقطه استخوان پس‌سری
۱۲	* خطی عمود از لندمارک ۹ بر محور میانی جمجمه تا لبه تیغه ساجیتال
۱۳	* خطی عمود از لندمارک ۷ بر محور میانی جمجمه تا درز پیشانی
۱۴	* خطی عمود از لندمارک ۴ بر محور میانی جمجمه تا درز پیشانی
۱۵	* خطی عمود از لندمارک ۳ بر محور میانی جمجمه تا درز بینی
۱۶	نقطه میانی درز بینی
۱۷	پایین‌ترین نقطه درز سمت راست بینی

ادامه جدول ۱. تعریف و شماره لندمارک‌ها در تجزیه و تحلیل ریختی

لندمارک	تعریف
نمای جانبی	
۱	لبه جلویی دندان نیش
۲	لبه جلویی پیش آسیای چهارم
۳	انتهایی ترین نقطه دندان آسیای دوم
۴	نقطه اوج استخوان پتریگوئید
۵	نقطه اوج استخوان اسکواموزال
۶	بالاترین نقطه مجرای گوش بیرونی
۷	داخلی ترین نقطه لبه استخوان پاریتال
۸	بیرونی ترین نقطه لبه استخوان پاریتال
۹	* خطی عمود از لندمارک ۶ بر محور میانی جمجمه تا لبه تیغه ساجیتال
۱۰	* خطی عمود از لندمارک ۴ بر محور میانی جمجمه تا لبه استخوان پیشانی
۱۱	بالاترین نقطه زائده پس حدقه‌ای
۱۲	نقطه میانی درز بین دو استخوان جوگال و اسکواموزال
۱۳	* امتداد خطی از لندمارک ۶ و ۱۲ تا لبه استخوان پیشانی
۱۴	ابتدایی ترین نقطه سوراخ جلوی حدقه‌ای
۱۵	انتهایی ترین نقطه سوراخ جلوی حدقه‌ای
۱۶	انتهایی ترین نقطه درز استخوان بینی
نمای شکمی	
۱	ابتدایی ترین نقطه محل اتصال دندان‌های پیش در قسمت پیش فکی
۲	عقبی ترین نقطه دندان پیش سوم
۳	لبه جلویی دندان پیش آسیای اول
۴	انتهایی ترین نقطه دندان آسیای دوم
۵	نقطه میانی درز بین دو استخوان جوگال و اسکواموزال
۶	نقطه اوج استخوان پتریگوئید
۷	نقطه اوج استخوان پاراکسی پیتال
۸	بالاترین نقطه کندیل استخوان پس سری
۹	پایین ترین نقطه کندیل استخوان پس سری
۱۰	انتهایی ترین نقطه روی درز استخوان کام
۱۱	* خطی عمود از سوراخ عقبی کامی بر محور میانی جمجمه تا درز کامی
۱۲	* خطی عمود از لندمارک ۳ بر محور میانی جمجمه تا درز ناحیه فک
۱۳	پایین ترین نقطه سوراخ جلویی کامی

* شبه لندمارک

۳. نتایج

۱.۳. الگوی رشد آلومتری

الگوی رشد عرض جمجمه (پهنای آرک‌های زیگوماتیک همسان) در جنس‌های ماده و نر دوفازی با نقاط عطف به ترتیب در طول‌های کل ۲۵۴ و ۳۶۴ میلی‌متری است. در فاز اول رشد در جنس ماده آلومتری منفی ($b = 0.638$) و در جنس نر ایزومتریک ($1/0.893$) بود. در فاز دوم این روند در ماده ایزومتریک و در نر آلومتریک منفی به ترتیب با

ضرایب $b_m = 0.118$ و $b_f = 0.9131$ است (شکل‌های ۳ و ۴ - نمودارهای A). در هر دو جنس رابطه رگرسیونی بین عرض جمجمه و طول آن معنادار است ($P < 0.001$). مقایسه الگوی رشد عرض جمجمه نسبت به طول نشان می‌دهد که در زمان بلوغ این بخش در نرها رشد کمتری داشته است حال آنکه در ماده‌ها طول و عرض جمجمه تقریباً به یک میزان افزایش می‌یابد. وقوع چنین فرایندی در جنس ماده به مراتب زودتر و در سنین پایین‌تر به وقوع می‌پیوندد.

الگوی رشد زائده‌های حدقه چشمی همسان روی

اول رشد در هر دو جنس آلومتری مثبت به ترتیب با ضرایب $b=1/5859$ و $b=1/1518$ است و در فاز دوم در هر دو جنس کاسته شده در ماده تقریباً ایزومتریک و در نر آلومتریک منفی به ترتیب با ضرایب $b_f=0/9178$ و $b_m=0/1858$ است (شکل‌های ۳ و ۴ - نمودارهای D). در هر دو جنس رابطه رگرسیونی معنادار است ($P<0/0001$). مقایسه الگوی رشد پهنای حفره بینی نشان می‌دهد که در دوره بلوغ نسبت به طول جمجمه در هر دو جنس و با شدت بیشتر در نرها کاسته می‌شود.

الگوی رشد طول استخوان بینی^۴ در جنس ماده و نر دوفازی با نقاط عطف در طول کل ۲۶۳ میلی‌متری به دست آمد. در فاز اول رشد هر دو جنس دارای رشد آلومتری منفی و با ضریب مشابه $b=0/0602$ بود و در بلوغ در ماده آلومتریک مثبت و در نر آلومتریک منفی به ترتیب با ضرایب $b_f=1/0367$ و $b_m=0/076$ بود (شکل‌های ۳ و ۴ - نمودارهای E). در هر دو جنس رابطه رگرسیونی معنادار است ($P<0/0001$). مقایسه الگوی رشد استخوان بینی نشان می‌دهد که در زمان بلوغ به نسبت طول کل جمجمه در نرها رشد کمتری داشته و حال آنکه در ماده‌ها این ویژگی میزان رشد بیشتری دارد. وقوع چنین فرایندی در هر دو جنس تقریباً مشابه و در سنین پایین به وقوع می‌پیوندد.

الگوی رشد طولی زائده استخوان جلوی بینی (پوزه) در جنس‌های ماده و نر دوفازی به ترتیب با نقاط عطف در طول‌های کل ۳۰۱ و ۲۶۸ میلی‌متری بود. در فاز اول رشد در جنس ماده آلومتری منفی ($0/6816$) و در جنس نر آلومتری مثبت ($1/5844$) بوده است که در فاز دوم در ماده آلومتری مثبت و در نر آلومتری منفی به ترتیب با ضرایب $b_f=1/121$ و $b_m=0/07689$ است (شکل‌های ۳ و ۴ نمودارهای F). در جنس نر رابطه رگرسیونی معنادار بود ($P<0/0001$) اما در جنس ماده این رابطه معنادار نشد ($P>0/0001$). مقایسه الگوی رشد طولی پوزه نشان می‌دهد که در زمان بلوغ نسبت به طول جمجمه در نرها رشد کمتری دارد و در

پیشانی^۱ در جنس‌های ماده و نر دوفازی با نقاط عطف در طول‌های کل ۲۶۳ و ۳۳۸ میلی‌متری است. در فاز اول در جنس‌های ماده ($1/2683$) و نر ($1/0327$) رشد آلومتریک مثبت بود. در فاز دوم در ماده‌ها سرعت رشد کمتر و به صورت ایزومتریک شده و در نرها سرعت بیشتر می‌شود و به ترتیب ضرایب آن $b_f=0/9453$ و $b_m=1/07052$ به دست آمد (شکل‌های ۳ و ۴ - نمودارهای B). در هر دو جنس رابطه رگرسیونی معنادار بود ($P<0/0001$). مقایسه الگوی رشد استخوان پیشانی^۲ که از زائده‌های حذقه چشمی روی پیشانی محاسبه می‌شود نشان می‌دهد که در زمان بلوغ نسبت به طول جمجمه در نرها رشد بسیار زیادی داشته حال آنکه در ماده‌ها تقریباً به یک میزان با طول جمجمه رشد می‌کند. وقوع چنین فرایندی نیز در جنس ماده به مراتب زودتر و در سنین پایین تر به وقوع می‌پیوندد.

الگوی رشد جمجمه در فاصله زائده‌های چشمی روی آرک‌های زیگوماتیک همسان^۳ در جنس‌های ماده و نر دوفازی با نقاط عطف به ترتیب در طول‌های کل ۲۷۹ و ۳۳۱ میلی‌متری است. در فاز اول رشد در جنس ماده تقریباً ایزومتریک ($0/9394$) و در جنس نر آلومتریک مثبت ($1/1116$) بود. در فاز دوم در جنس ماده آلومتریک منفی و در جنس نر مثبت به ترتیب با ضرایب $b_f=0/8608$ و $b_m=1/1784$ است (شکل‌های ۳ و ۴ نمودارهای C). در هر دو جنس رابطه رگرسیونی معنادار است ($P<0/0001$). مقایسه الگوی رشد فاصله زائده‌های چشمی روی آرک‌های زیگوماتیک همسان نشان می‌دهد که در زمان بلوغ نسبت به طول کل جمجمه در نرها، رشد به مراتب بیشتری از ماده‌ها دارد. وقوع چنین فرایندی در جنس ماده به مراتب زودتر و در سنین پایین تر به وقوع می‌پیوندد.

الگوی رشد پهنای حفره بینی در جنس‌های ماده و نر دوفازی با نقاط عطف به ترتیب در طول‌های کل ۳۰۴ و ۳۶۲ میلی‌متری بود. در فاز

1. Ecto-orbital apophyses
2. Frontal
3. Post-orbital apophyses

نابالغی به وقوع می‌پیوندد و الگوی رشد بین دو نقطه عطف در جنس‌ها متفاوت‌اند. براساس جدول ۲ به نظر می‌رسد تغییرات ویژگی‌های یادشده منطبق بر تغییر گونه از نابالغ به بالغ است.

۲.۳. دوریختی جنسی

۱.۲.۳. نمای پستی

آنالیز DFA/Hotelling تفاوت معناداری بین شکل نمای پستی جمجمه جنس‌های نر و ماده خرس قهوه‌ای نشان داد ($P=0/0340$). نتایج مصورسازی در شبکه تغییر شکل (مقایسه شکل‌های اجماع نمای پستی جمجمه جنس‌های نر و ماده) نشان داد که تفاوت عمده بین این دو جنس مربوط به قسمت استخوان‌های پس‌سری و آرک زیگوماتیک است (شکل ۵). استخوان پس‌سری در نرها نسبت به ماده‌ها بزرگ‌تر است (مربوط به جابه‌جایی لندمارک‌های ۱۰ تا ۱۲ به بیرون) و همچنین در جنس نر بخش آرک زیگوماتیک بیشتر به بیرون امتداد یافته و بزرگ‌تر از جنس ماده است (جابه‌جایی قدامی لندمارک‌های ۳ تا ۸). از این رو کشیدگی قسمت جلوی فک بالا در جنس ماده نسبت به نرها بیشتر و حجم کلی فک بالا در قسمت آرواره^۱ ماده‌ها بلندتر از نرهاست.

۲.۲.۳. نمای جانبی

آنالیز DFA/Hotelling تفاوت معناداری را در شکل نمای جانبی جمجمه بین جنس‌های نر و ماده نشان داد ($P=0/0150$). مقایسه شکل اجماع نمای جانبی جمجمه جنس‌های نر و ماده مشخص کرد که قسمت استخوان آهیانه^۲ و قسمت تیغه در جنس نر بزرگ‌تر است (جابه‌جایی لندمارک‌های ۳ تا ۱۰ به سمت بیرون). علاوه بر این در جنس نر، ناحیه پیشانی بزرگ‌تر از ماده‌هاست (جابه‌جایی لندمارک‌های شماره ۱۰ و ۱۳ به سمت بیرون و ۱۱ به سمت داخل) (شکل ۶). مقایسه شکل ناحیه پوزه فوقانی در شبکه تغییر شکل، نمایانگر طول بیشتر آن در جنس ماده است.

ماده‌ها طول پوزه نسبت به طول جمجمه میزان رشد بیشتری می‌یابد. رشد این اندام در افراد مختلف بسیار نامتقارن است و چندریختی (پلی‌مورفیزم) دیده می‌شود.

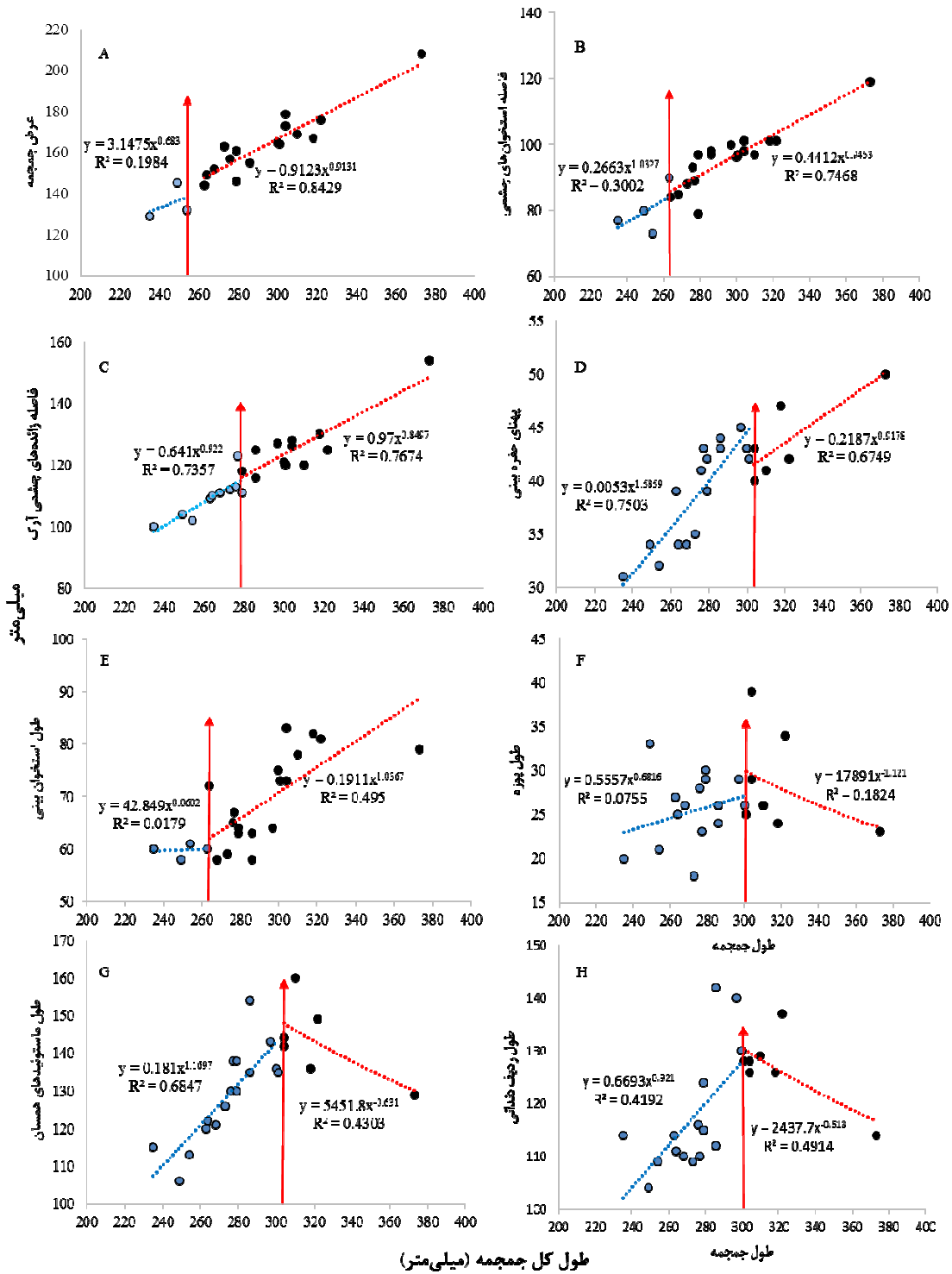
الگوی رشد عرضی ماستوئیدهای همسان در جنس‌های ماده و نر دوفازی با نقاط عطف به ترتیب در طول‌های کل ۳۰۴ و ۳۲۷ میلی‌متری است. در فاز اول رشد در هر دو جنس آلومتری مثبت و به ترتیب با ضرایب $b=1/1697$ و $b=1/1984$ بود که در فاز دوم در ماده آلومتری منفی و در نر به رشد آلومتری مثبت خود به ترتیب با ضرایب $b_f=0/631$ و $b_m=1/655$ بدل می‌شود (شکل‌های ۳ و ۴ نمودارهای G). در هر دو جنس رابطه رگرسیونی معنادار است ($P<0/001$). مقایسه الگوی رشد عرضی ماستوئیدهای همسان نشان می‌دهد که افزایش عرض نسبت به طول در نرها با نسبت بیشتر و در ماده‌ها به نسبت نصف افزایش رشد دارند. افزایش اندازه ماستوئید در افراد نر بالغ اهمیت زیادی دارد.

الگوی رشد طول ردیف دندانی در جنس ماده و نر دوفازی با نقاط عطف در طول‌های کل ۳۰۱ و ۲۷۳ میلی‌متری بود. در فاز اول رشد در جنس ماده تقریباً ایزومتریک (۰/۹۲۱) و در جنس نر آلومتری منفی (۰/۰۱۲) بود که در فاز دوم در هر دو جنس آلومتری منفی با ضرایب $b_f=0/513$ و $b_m=0/8767$ می‌شود (شکل‌های ۳ و ۴ - نمودارهای H). در هر دو جنس رابطه رگرسیونی معنادار است ($P<0/001$). مقایسه الگوی رشد طول ردیف دندانی نسبت به طول جمجمه از فاز اول به دوره بلوغ نشان می‌دهد که رشد ردیف دندانی در نرها با وجود آلومتری منفی بودن نسبت، رشد بالایی دارد. در ماده‌ها این نسبت رشد کاهش می‌یابد. وقوع چنین فرایندی در جنس نر به مراتب زودتر و در سنین پایین‌تر به وقوع می‌پیوندد (شکل‌های ۳ و ۴).

علاوه بر مقایسه الگوی رشد در قبل و بعد از نقطه عطف، الگوی رشد در زمان بلوغ و پیش از بلوغ نیز مقایسه شد (جدول ۲). همان‌گونه که در این جدول نشان داده شده است، تغییرات پوزه، استخوان بینی و الگوهای ردیف دندانی در زمان

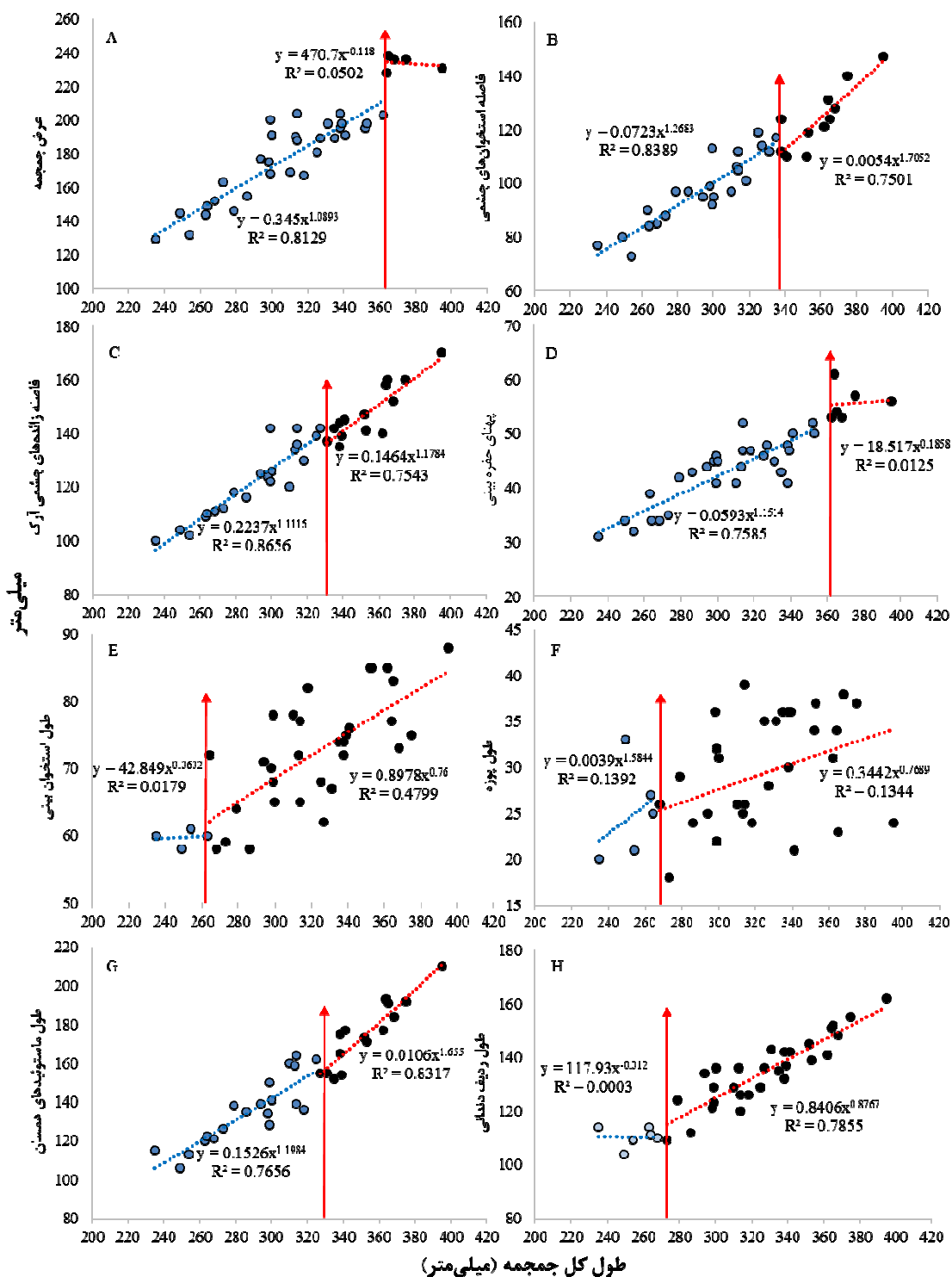
1. maxillary

2. Parietal bone



شکل ۳. الگوهای رشد آلومتری در جمجمه جنس ماده

خطوط عمودی بیانگر نقطه عطف هر ویژگی طی فرایند رشد است. تمامی نمونه‌ها بدون تفکیک دو گروه بالغ و نابالغ تجزیه و تحلیل شدند تا در آزمون، الگوی رشد جنس به نمایش گذاشته شود.



شکل ۴. الگوهای رشد آلومتری در جمجمه جنس نر

خطوط عمودی بیانگر نقطه عطف هر ویژگی طی فرایند رشد است. تمامی نمونه‌ها بدون تفکیک دو گروه بالغ و نابالغ تجزیه و تحلیل شدند تا طی آزمون، الگوی رشد جنس به نمایش گذاشته شود.

جدول ۲. ضرایب رشد براساس درصد شیب (b)، عرض از مبدأ (a)، مقادیر متغیر (r^2)

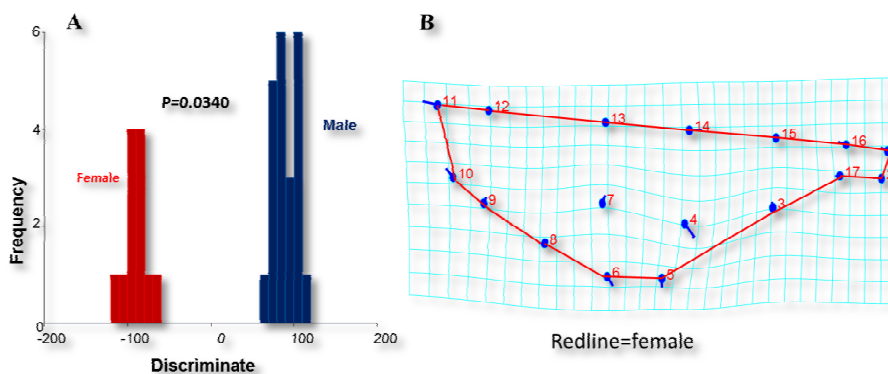
نمودار	نابالغ	بالغ	بالغ ± نابالغ	نابالغ	بالغ	r^2	ip	p
	a	b	b	r^2				
A ماده-نابالغ	۳/۱۴۷۵	۰/۹۱۲۳	۰/۶۸۳ ± ۰/۹۱۳۱	۰/۱۹۸۴	۰/۸۴۲۹	۲۵۴	***	
A نر-نابالغ	۰/۳۴۵	۴۷۰/۷	۱/۰۸۹۳ ± ۰/۱۱۱۸	۰/۸۱۲۹	۰/۵۰۲	۳۶۴	***	
B ماده-نابالغ	۰/۲۶۶۳	۰/۴۴۱۲	۱/۰۳۲۷ ± ۰/۹۴۵۳	۰/۳۰۰۲	۰/۷۴۶۸	۲۶۳	***	
B نر-نابالغ	۰/۰۷۲۳	۰/۰۰۰۵۴	۱/۲۶۸۳ ± ۱/۷۰۵۲	۰/۸۳۸۹	۰/۷۵۰۱	۳۳۸	***	
C ماده-نابالغ	۰/۵۸۱۹	۰/۹۰۹۳	۰/۹۳۹۴ ± ۰/۸۶۰۸	۰/۸۹۵۹	۰/۷۴۹۶	۲۷۹	***	
C نر-نابالغ	۰/۲۲۳۷	۰/۱۴۶۴	۱/۱۱۱۶ ± ۱/۱۷۸۴	۰/۸۶۵۶	۰/۷۵۴۳	۳۳۱	***	
D ماده-نابالغ	۰/۰۰۵۳	۰/۲۱۸۷	۱/۵۸۵۹ ± ۰/۹۱۷۸	۰/۷۵۰۳	۰/۶۷۴۹	۳۰۴	***	
D نر-نابالغ	۰/۰۵۹۳	۱۸/۵۱۷	۱/۱۵۱۴ ± ۰/۱۸۵۸	۰/۷۵۸۵	۰/۰۱۲۵	۳۶۲	***	
E ماده-نابالغ	۴۲/۸۴۹	۰/۱۹۱۱	۰/۰۶۰۲ ± ۱/۰۳۶۷	۰/۰۱۷۹	۰/۴۹۵	۲۶۳	***	
E نر-نابالغ	۴۲/۸۴۹	۰/۸۹۷	۰/۰۶۰۲ ± ۰/۷۶	۰/۰۱۷۹	۰/۴۷۹۹	۲۶۳	***	
F ماده-نابالغ	۰/۵۵۵۷	۱۷۸۹۱	۰/۶۸۱۶ ± ۱/۱۲۱	۰/۰۷۵۵	۰/۱۸۲۴	۳۰۱	NS	
F نر-نابالغ	۰/۰۰۳۹	۰/۳۴۴۲	۱/۵۸۴۴ ± ۰/۷۶۸۹	۰/۱۳۹۲	۰/۱۳۴۴	۲۶۸	**	
G ماده-نابالغ	۰/۱۸۱	۵۴۵۱/۸	۱/۱۶۹۷ ± ۰/۶۳۱	۰/۶۸۴۷	۰/۴۳۰۳	۳۰۴	**	
G نر-نابالغ	۰/۱۵۲۶	۰/۰۱۰۶	۱/۱۹۸۴ ± ۱/۶۵۵	۰/۷۶۵۶	۰/۸۳۱۷	۳۲۷	***	
H ماده-نابالغ	۰/۶۶۹۳	۲۴۳۷/۷	۰/۹۲۱ ± ۰/۵۱۳	۰/۴۹۲	۰/۴۹۱۴	۳۰۱	**	
H نر-نابالغ	۱۱۷/۹۳	۰/۸۴۰۶	-۰/۰۱۲ ± ۰/۸۷۶۷	۰/۰۰۰۳	۰/۷۸۵۵	۲۷۳	***	

NS: بی معنی ($P > 0.05$) ** ($P < 0.01$) *** ($P < 0.001$) b_f : درصد شیب جنس ماده b_m : درصد شیب جنس نر

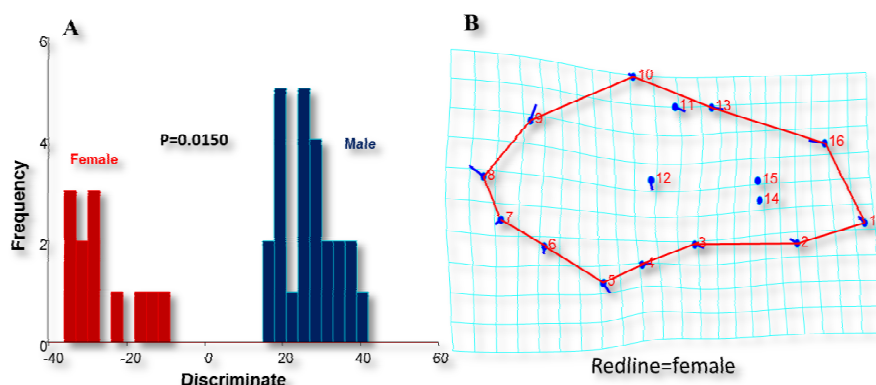
پس سری) و ۹ (پایین ترین نقطه کندیل استخوان پس سری) است. جابه جایی بیرونی امتداد لندمارک‌های ناحیه آرک زیگوماتیک (لندمارک‌های ۴، ۵ و ۶) نشان دهنده بزرگی این بخش در نر است. در نهایت جابه جایی خلفی لندمارک‌های ۷، ۸ و ۹ مربوط به بخش ساجیتال (مشابه نماهای پشتی و جانبی) نشان دهنده بزرگی آن در نر است (شکل ۷).

۳.۲.۳. نمای شکمی

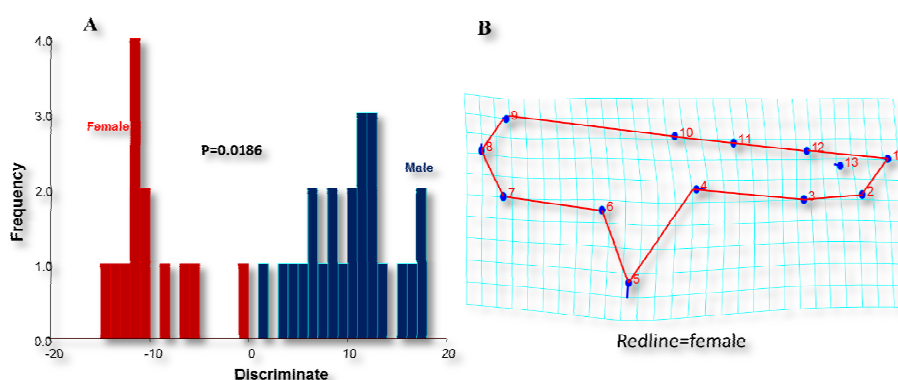
آنالیز DFA/Hotelling تفاوت معناداری را در شکل نمای شکمی جمجمه بین جنس‌های نر و ماده نشان داد ($P = 0.0210$). نتایج مقایسه شکل اجماع دو جنس نر و ماده نشان داد که در جنس نر استخوان کندیل نسبت به ماده بزرگ‌تر است که مربوط به جابه جایی پشتی لندمارک‌های شماره ۸ (بالاترین نقطه کندیل استخوان



شکل ۵. آنالیز DFA و اختلاف‌های نمای پشتی جمجمه نر و ماده در شبکه تغییر شکل



شکل ۶. آنالیز DFA و اختلاف‌های نمای جانبی بین جمجمه نر و ماد در شبکه تغییر شکل



شکل ۷. آنالیز DFA و اختلاف‌های نمای شکمی بین جمجمه نر و ماده در شبکه تغییر شکل

حدود چهارسالگی اما برای نرها دیرتر از آن است. در اغلب پستانداران زمان توقف رشد جمجمه هم‌زمان با بلوغ کامل و توقف رشد سایر اندام‌هاست (Brody, 1964; Andersen & Wiig, 1984; Ochoa & Nanda, 2004; Bechshoft *et al.*, 2008) که براساس نتایج این پژوهش، در خرس‌های قهوه‌ای این‌گونه نبود. با وجود تغییرات ظاهری شکل جمجمه در طول رشد به‌ویژه در نرها تا کنون هیچ‌گونه گزارشی از اختلاف‌های ژنتیکی منتج از آن در دو جنس نر و ماده خرس قهوه‌ای ارائه نشده است.

نتایج الگوی رشد جمجمه در قسمت آرک‌های زیگوماتیک نشان داد در نرها بیش از ماده‌ها و ماده‌ها بیشتر از نابالغ‌هاست. اندازه و شکل آرک‌های زیگوماتیک منتج از اندازه و شکل ناحیه گیجگاهی^۱ است. این بدان معناست که برای

۴. بحث و نتیجه‌گیری

۱.۴. الگوی رشد آلومتری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، رشد جمجمه در تمامی ویژگی‌های بررسی‌شده دو فاز دارد که در فاز اول به‌صورت آلومتریک مثبت و ایزومتریک است و تا سن مشخصی در پیش از بلوغ اختلافی در رشد دو جنس وجود ندارد. در فاز دوم رشد یا به عبارت دیگر در دوره بلوغ، تغییرات جمجمه متوقف نمی‌شود و با افزایش سن همچنان ادامه می‌یابد و الگوی تغییرات جمجمه در ماده‌ها تقریباً مشابه نابالغ‌هاست ولی در جنس نر الگوی رشد متفاوتی در بخش‌های آرک زیگوماتیک، پیشانی، زائده‌های چشمی، طول پوزه، طول ماستوئیدها و ردیف دندانی شکل می‌گیرد. براساس مطالعات Ohdachi و همکاران (۱۹۹۲) این سن مشخص که احتمالاً متقارن با بلوغ آن‌هاست برای ماده‌ها

انتخاب می‌کنند که محدودهٔ زادآوری ماده‌ها^۴ خوانده می‌شود و از آنجاکه بینایی ضعیفی دارند به بویایی خود وابسته‌اند.

براساس نتایج به‌دست‌آمده الگوی رشد طول ردیف دندانی در ماده‌ها (با نسبت زیاد) و نرها (با نسبت کم) آلومتریکی منفی است. این آلومتری منفی احتمالاً در هر دو جنس، به‌دلیل مزیت مکانیکی (برتری قدرت به سرعت) و نزدیکی دندان گوشت‌بر به آرواره بوده است. انتقال قدرت ماهیچه‌های جونده در فک‌ها به دندان‌های آسیای نزدیک آرواره بهتر صورت گرفته و قدرت بیشتری منتقل می‌شود. ساختار ردیف دندانی نیز این امر را تأیید می‌کند و دندان آسیای بزرگ که به مفصل آرواره نزدیک‌تر است، بزرگ‌تر از دندان‌های پیشین است. براساس Hattori و همکاران (۲۰۰۳) در شنگ‌های دریایی^۵ نیز با افزایش سن طول ردیف دندانی کاهش می‌یابد.

همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهند بیشترین تفاوت‌های نر از ماده مربوط به تغییرات فاز دوم رشد است. جمجمهٔ جنس نر تمایل به بزرگ‌تر و مقاوم‌تر شدن برای رقابت درون جنسی به نسبت جنس ماده را دارد. نزاع مستقیم نرها در فصل جفت‌گیری بسیار شدید است و نرهای بزرگ‌تر موفقیت به‌مراتب بیشتری در جفت‌گیری با ماده‌ها دارند (Pulliainen *et al.*, 1984; Cordy, 1972; TorresPérez-Hidalgo, 1988). درمجموع جمجمهٔ جنس ماده اغلب تمایل به همگن‌شدن، باریک، بلند و ظریف‌تر شدن و شبیه به جمجمهٔ نابالغ‌ها را دارد. تغییرات جعبهٔ مغز از حالت کروی در نابالغ به سمت مکعبی‌شدن در بالغ‌هاست. ساختارهای پوزه و استخوان شکنندهٔ جلوی بینی نرها که در جنگ‌ها احتمال آسیب‌دیدن را بالا می‌برند در مقابل افزایش طول جمجمه رشد کمتری دارند. فرم بزرگ‌تر آرک‌های زیگوماتیک، ناحیهٔ پس سر^۶ و همچنین ساجیتال گویای اتصال

حمایت از آرک‌های زیگوماتیک قوی، نیازمند افزایش اندازهٔ ناحیهٔ گیجگاه نیز است (Grandal- d'Anglade & Lopez-Gonzalez, 2005). رشد ماستوئیدها در جنس نر همواره آلومتریکی مثبت بود. احتمالاً این افزایش اندازهٔ ماستوئیدها در راستای افزایش اندازهٔ استخوان پاریتال، ساجیتال و گیجگاهی است. درمجموع می‌توان گفت که تغییر ساختار یک بخش در جنس نر، تغییر ساختار کل جمجمه و افزایش حجم را در پی دارد. براساس نتایج الگوی رشد آلومتریکی مثبت زائدهٔ چشمی روی آرک و بالای حدقه‌ای در نرها که تقویت پیشانی را در پی دارد بسیار قابل توجه است. این وضعیت در گونه‌های دیگر خرس و حتی پستانداران دیگر نیز دیده می‌شود (Werdelin & Solounias, 1991; Joeckel, 1998; Grandal- d'Anglade & Lopez-Gonzalez, 2005). پیشانی بزرگ علاوه بر ساختار استحکامی و حفاظتی، اندازهٔ بزرگ سینوس را نیز موجب می‌شود. ساختار سینوس بزرگ در جنس نر در این گونه مبهم است (رجوع شود به Witmer, 1997). یکی از دلایل آن احتمالاً به حس بویایی خرس‌ها مربوط است. در نرها استخوان پیشانی همواره رشد آلومتریکی مثبت خود را حفظ کرده است و با افزایش عمر از میزان آن کاسته نمی‌شود. این امر به حفاظت از مغز در هنگام نزاع نر با نر کمک می‌کند (Ohdachi *et al.*, 1992). چنین نسبتی در خرس سیاه آمریکایی^۱ و خرس سیاه آسیایی^۲ نیز دیده شده است (Rausch, 1961; Mukasa, 1934; Suenaga, 1972).

همان‌طور که نتایج نشان داد الگوی رشد پهنای حفرهٔ بینی (نه طول استخوان بینی) در ماده‌ها و نابالغ‌ها تقریباً مشابه و متفاوت از نرهاست که می‌تواند به بوم‌شناسی زادآوری ماده‌ها در حفاظت از توله‌ها برگردد. براساس Nezami (۲۰۱۰) ماده‌ها در فصل زادآوری در اجتناب از توله‌کشی نرها^۳، امن‌ترین بخش‌های زیستگاهی را

4. Female Core Area
5. Enhydra lutris
6. occipital

1. Ursus americanus
2. Ursus thibetanus
3. Infanticide

al., 2008; Grandal-d'Anglade & López-González, 2005).

نرها به دلیل دوریختی جنسی در اندازه فیزیکی بزرگتر توانایی آن را دارند که در مقابل ماده‌ها به طعمه‌های بزرگتری رجوع کنند (Radloff & Toit, 2004). البته این به هیچ وجه بدان معنا نیست که طعمه‌خوار بزرگتر در مقابل طعمه‌خوار کوچکتر یعنی تنها طعمه بزرگتر را شکار می‌کند، بلکه طعمه‌خوار بزرگتر این توانایی را دارد که طیف گسترده‌ای از طعمه‌های با اندازه‌های مختلف را شکار کند (Radloff & Toit, 2004; Scharf et al., 2000; Christiansen & Harris, 2012). قدرت آرواره‌های بیشتر یک سازگاری مهم در بوم‌شناسی گونه در تغذیه از طعمه‌های بزرگ است (Meers, 2002; Christiansen & Wroe, 2012; Christiansen & Harris, 2007).

براساس نتایج، در جنس نر ناحیه آرک زیگوماتیک از لحاظ طول و ارتفاع نسبت به ماده‌ها بزرگتر است که این می‌تواند به اندازه ماهیچه‌های تمپورالیس و جونده^۳ در آن‌ها مرتبط باشد. آرک زیگوماتیک منشأ و حمایت‌کننده ماهیچه‌های تمپورالیس و جونده است و سبب تقویت آن‌ها می‌شود (Naples & Macafee, 2012; Anglade & González, 2005). در افراد بالغ وجود ماهیچه‌های تمپورالیس و جونده بزرگتر و قوی‌تر طبیعی است چراکه افزایش اندازه آرک زیگوماتیک سبب افزایش اندازه این ماهیچه‌ها و در نتیجه بالابردن توانایی آن‌ها در حرکت آرواره به سمت جلو و عقب می‌شود (Naples & MacAfee, 2012). در ضمن آرک زیگوماتیک بزرگتر می‌تواند فضای بیشتری را برای زائده کورونویید فک زیرین فراهم آورد (Liem et al., 2000; Ghanbari et al., 2013).

دوریختی جنسی ممکن است حتی به زندگی اجتماعی خرس‌ها نیز مربوط باشد. بنابراین، دوریختی جنسی در این گونه می‌تواند وابسته به جنس و رقابت بین جنس‌ها نیز باشد. زیرا

ماهیچه‌های قوی‌تر است. در مقابل، اندام‌هایی که از نیازهای اولیه بقاگونه در زمان بلوغ هستند مانند طول استخوان بینی، در هر دو جنس توسعه زیادی یافته‌اند. افزایش طول استخوان بینی نشان‌دهنده نیاز گونه به حس بویایی است. براساس Nezami (۲۰۱۳) خرس‌ها در غذایابی و اجتناب از خطر به حس بویایی وابستگی زیادی دارند.

۲.۴. دوریختی جنسی

نتایج این پژوهش نشان داد که تفاوت معناداری در حجمه دو جنس نر و ماده در هر سه نمای پشتی، جانبی و شکمی وجود دارد. پژوهش حاضر بر روی دو شکلی جنسی خرس قهوه‌ای در طبیعت، اولین پژوهش از نوع خود است که هم‌زمان با دو روش ریخت‌سنجی سنتی و هندسی نتایج را مقایسه و بر هم صحنه می‌گذارند. از دیگر مزایای این پژوهش قابلیت نمایش دادن تغییرات به صورت تصویری در شبکه تغییر شکل است که درک آن را آسان می‌کند.

تا کنون Peng و همکاران (۲۰۰۱) توانستند دوریختی جنسی به روش سنتی را در خرس پاندا^۱ نشان دهند. Mahoney و همکاران (۲۰۰۱) و Miller و همکاران (۲۰۰۹) دوریختی جنسی و رشد اندام‌ها به روش سنتی و هندسی در خرس سیاه امریکایی (*Ursus americanus*) را گزارش کرده‌اند. Derocher و همکاران (۲۰۰۵) نیز به روش سنتی وجود دوریختی جنسی در خرس قطبی^۲ را یافتند. Pulliainen و همکاران (۱۹۸۴) و Ohdachi و همکاران (۱۹۹۲) دوریختی جنسی در خرس‌های قهوه‌ای را با استفاده از روش سنتی گزارش کردند و دلیل آن را رقابت نر-نر در فصل جفت‌گیری می‌دانند. Badyaev (۲۰۰۲) شرایط محیطی را عمده‌ترین دلیل دوریختی جنسی می‌داند. در هر حال دوریختی جنسی مهم‌ترین تأثیر را در اندازه و شکل مجموعه‌ها دارد (Loy et

1. *Ailuropoda melanoleuca*

2. *Ursus maritimus*

3. Masseter and temporalis muscles

به‌دست‌آمده و مقایسه شکل و اندازه بخش‌های مختلف دوجنس گویای تقویت و استحکام بیشتر بخش‌های مختلف جمجمه در جنس نر است. با وجودی که گاه برخی از اندام‌ها نسبت رشد بیشتری در ماده‌ها دارند اما به‌طور قابل ملاحظه‌ای نرها بزرگ‌تر از ماده‌ها هستند. درنهایت باید گفت که دوریختی جنسی به‌ویژه به لحاظ اندازه جمجمه در خرس‌های جوان پذیرفته نیست چراکه تشخیص جمجمه نرها و ماده‌های جوان از هم به‌سادگی میسر نیست. به گفته Derocher و همکاران (۲۰۰۵) با افزایش سن است که دوریختی جنسی نمایان می‌شود.

تفاوت‌های دوجنس در بخش‌های استخوان پس‌سری و آرک زیگوماتیک که ماهیچه‌های قوی‌تری را پشتیبانی می‌کنند وجود دارد (Loy *et al.*, 2008).

اندازه طول استخوان بینی در خرس‌ها نمایانگر قدرت بویایی در آن‌ها نیز است. قدرت بویایی برای بزرگ‌ترین گوشت‌خوار خشکی که از بینایی بسیار ضعیفی برخوردار است اهمیت زیادی دارد (Nezami, 2008). مقایسه این اندام در دو جنس نمایانگر طول بیشتر در جنس ماده است.

در مجموع جمجمه نرها به لحاظ اندازه در تمام بخش‌ها به‌مراتب بزرگ‌تر از ماده‌هاست. عوامل ایجاد تغییرات می‌توانند متفاوت باشند. نتایج

REFERENCES

- Adams, D.C., Rohlf, F.J., Slice, D.E. 2004. Geometric Morphometric: Ten years of progress following the 'Revolution'. Italian Journal of Zoology, 71: 5-16.
- Andersen, T., Wiig, Ø., 1984. Growth in the Skull of Norwegian Lynx, Acta Theriol 29:89-110.
- Anglade, G., González, F., 2005. On factors that influence the morphology of the cave bear dentition and a study of the geographical variation in the lower carnassial. Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Osterreichischen Akademie der Wissenschaften Wien 14:41-52.
- Badyaev, A.V., 2002. Growing apart: an ontogenetic perspective on the evolution of sexual dimorphism. Trends in Ecology and Evolution, 17:369-378.
- Bechshoft, T., Sonne, C., Riget, F., Wiig, Ø., Dietz, R., 2008. Differences in growth, size and sexual dimorphism in skulls of East Greenland and Svalbard polar bears (*Ursus maritimus*). Polar Biology, 31: 945-958.
- Brody, S., 1964. Bioenergetics and growth. Hafner Publishing Company, New York.
- Cardini, A., Diniz Filho, J.A.F., Polly, P.D., Elton, S., 2010. Biogeographic analysis using geometric morphometric: 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.
- Caumul, R., Polly, P.D., 2005. Phylogenetic and environmental components of morphological variation: skull, mandible, and molar shape in marmots (Marmota, Rodentia). Evolution, 59: 2460-2472.
- Chestin, I.E., Mikeshina, N.G., 1998. Variation in skull morphology of brown bear (*Ursus arctos*) from Caucasus, Journal of Mammalogy, 79(1):118-130.
- Christiansen, P., Harris, J., 2012. Variation in Craniomandibular Morphology and Sexual Dimorphism in Pantherines and the Sabercat *Smilodon fatalis*, October 2012, Volume 7, Issue 10, e48352.
- Christiansen, P., Wroe, S.M., 2007. Bite forces and evolutionary adaptations to feeding ecology in carnivores. Ecology 88: 347-358.
- Cordeiro-Estrela, P., Baylac, M., Denys, C., Polop, J., 2008. Combining geometric morphometrics and pattern recognition to identify interspecific patterns of skull variation: case study in sympatric Argentinian species of the genus *Calomys* (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae).

- Biological Journal of the Linnean Society 94: 365-378.
13. Cordy, J.M., 1972. Étude de la variabilité des crânes d'ours des cavernes de la collection Schmerling. Annales de Paléontologie (Vertébrés) 58, 151-207.
 14. Derocher, A.E., Andersen, M., Wiig, O., 2005. Sexual dimorphism of polar bear. Journal of Mammalogy, 86(5):895-901.
 15. Drake, A.G., Klingenberg, G.P., 2010. Large-Scale Diversification of Skull Shape in Domestic Dogs: Disparity and Modularity. The American Naturalist. 175(3):289-301.
 16. Etemad, E., 1985. Mammals of Iran, Department of Environment. (in Persian).
 17. Figueirido, B., Palmqvist, P., Pérez-laros, J.A., Dong, W., 2011. Cranial shape transformation in the evolution of the giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*). Naturwissenschaften. 98:107-116.
 18. Fuiman, L.A., 1983. Growth gradients in fish larvae. J. Fish Biology. 23, 117-123.
 19. Ghanbari, F., 2013. Sexual dimorphism in skull morphology of the Brown Bear (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) in Iran using geometric morphometric approach. MSc Thesis. University of Tehran, Iran, 90 p (In Persian).
 20. Ghanbari, F., Kaboli, M., Eagdari, S., Nezami, B., 2013. Sexual dimorphism in skull morphology of the Brown Bear (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) in Iran using geometric morphometric approach. Taxonomy and Biosystematic, 1392-Autmn, In Press. (In Persian).
 21. Gisbert, E., 1999. Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance. Journal of Fish Biology, 54:852-862.
 22. Grandal-d'Anglade, A., López-González, F., 2005. Sexual dimorphism and ontogenetic variation in the skull of the cave bear (*Ursus spelaeus* Rosenmüller) of the European Upper Pleistocene. Geobios, 38: 325-337.
 23. Gutleb, B., Ziaie, H., 1999. On the distribution and status of the brown bear *Ursus arctos* and the Asiatic black bear *U. thibetanus* in Iran. Zoology in the Middle East. 18: 5-8.
 24. Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica, 4: 1.
 25. Hattori, K., Burdin, A.M., Suzuki, M., Ohtaishi, N., 2003. Age-Related Change and Allometry of Skull and Canine of Sea Otter, *Enhydra lutris*. Journal of Veterinarian Med Science. 65(4): 439-447.
 26. Joeckel, R.M., 1998. Unique frontal sinuses in fossil and living Hyaenidae (Mammalia, Carnivora): description and interpretation. Journal of Vertebrate Paleontology 18: 627-639.
 27. Klingenberg, C.P. 2008. MorphoJ. Faculty of Life Sciences, University of Manchester, UK.
 28. Available at <http://www.flywings.org.uk/MorphoJ-page.htm>
 29. Klingenberg, C.P., Barluenga, M., Meyer, A., 2003. Body shape variation in cichlid fishes of the *Amphilophus citrinellus* species complex. Biological Journal of the Linnean Society 80:397-408.
 30. Koumoundouros, G., Divanach, P., Kentouri, M., 1999. Ontogeny and allometric plasticity of *Dentex dentex* in rearing conditions. Marine Biology, 135:561-572.
 31. Lay, D.M., 1967. A study of the mammals of Iran, Fieldiana Zoology, 237 Vol.54., Field Museum of Natural History, Chicago, p.220.
 32. Liem, K., Bemis, W., Walker, W.F., Grande, L., 2000. Functional Anatomy of the Vertebrates: An Evolutionary Perspective. 3 edition. Brooks Cole, pp. 232-350.
 33. Loy, A., Genov, P., Galfo, M., Jacobone, M.G., Vigna Taglianti, A., 2008. Cranial morphometrics of the Apennine brown bear (*Ursus arctos marsicanus*) and preliminary notes on the relationships with other southern European populations. Italian Journal of Zoology, March; 75(1): 67-75.
 34. Mahoney, S.P., Virgl, J.A., Mawhinney, K., 2001. Potential mechanisms of phenotypic divergence in body size between Newfoundland and mainland black bear populations. Canadian Journal of Zoology 79:1650-1660.
 35. Meers, M.B., 2002. Maximum bite force and prey size of *Tyrannosaurus rex* and their relationships to the inference of feeding behavior. Hist Biol 16:1-12.
 36. Milenkovic, 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(2):376-386.
37. Miller, E.H., Mahoney, S.P., Kennedy, M.L., Kennedy, P.K., 2009. Variation, Sexual Dimorphism and Allometry in Molar size of the Balack Bear, *Journal of Mammalogy*, Vol. 90, No. 2.
38. Mukasa, K., 1934. The growth of the crania of Yezo brown bear. *Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc.*, 15: 96-111.
39. Naples, V.L., MacAfee, R.K., 2012. Reconstruction of the cranial musculature and masticatory function of the Pleistocene panamerican ground sloth *Eremotherium laurillardi* (Mammalia, Xenarthra, Megatheriidae). *Historical Biology*, 24: 187-206.
40. Nezami, B., 2008. Ecological study of brown bear (*Ursus arctos*) on Golestanak Core Zone in Central Alborz Protected Area, Mazandaran Province. MSc Thesis. Tehran (Iran): Islamic Azad University, 134 p. (In Persian).
41. Nezami, B., Farhadinia, M.S., Sinakaei, Y., Nosrati, M., 2010. The First Ecological Study on Brown Bear (*Ursus arctos*) in Iran: North Central Alborz Protected Area. Poster in 19th International Conference on Bear Research and Management, Georgia.
42. Nezami, B., 2013. Seasonal Food Habits of Brown Bear (*Ursus arctos syriacus*) in Cenral Alborz Protected Area. *Taxonomy and Biosistematic*, 1392-Autmn, In Press. (In Persian).
43. Ochoa, B.K., Nanda, R.S. 2004. Comparison of maxillary and mandibular growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 125:148-159.
44. 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 Soc Japan*, 17(1): 27-47.
45. Peng, J., Jiang, Z., Liu, W., Huang, S., Zhang, J., Wang, W., 2001. Growth and development of giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) cubs at Beijing Zoo. *J Zool* 254:261-266.
46. Pulliainen, E., Luukkonen, Y., Hietajarvi, T., 1984. Formation of a dominance hierarchy among wild brown bears (*Ursus arctos*). *Zeit. Saugtierkunde*, 49: 58-59.
47. Radloff, F.G.T., Du Toit, J.T., 2004. Large predators and their prey in a southern African savanna: a predator's size determines its prey size range. *J Anim Ecol* 73: 410–423.
48. Rausch, R.L., 1961. Notes on the black bear *Ursus americanus pallas* in Alaska, with particular reference to dentition on growth. *L. Saugtiern*, 26 (2):77-107.
49. Rausch, R.L., 1963. Geographic variation in size in North American brown bears, *Ursus arctos* L., as indicated by condylobasal length. *Canadian Journal of Zoology* 41:33–45.
50. Richtsmeier, J.T., Deleon, V.B., Lele, S.R., 2002. The promise of geometric morphometrics. *Yearbook of Physical Anthropology* 45:63-91.
51. Rohlf, F.J., 2006. TpsDig2, Version 2.10. Ecology and Evolution. Stony Brook, New York: Department of Ecology and Evolution, State University of New York.
52. Rohlf, F.J., 2006. TpsUtil: Thin-plate spline utility v1.33. Ecology & Evolution, Suny at Stony Brook, New York: Department of Ecology and Evolution, State University of New York. Available at <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>.
53. Sacco, T., Van Valbenburgh, B., 2004. Ecomorphological indicators of feeding behavior in the bears (Carnivora: Ursidae). *Journal of Zoology (London)* 263:41–54.
54. Sansom, R.S., Gabbott, S.E., Purnell, M.A., 2010. Non-random decay of chordate characters causes bias in fossil interpretation. *Nature* 463, 797–800.
55. Scharf, F.S., Juanes, F., Roundtree, R.A., 2000. Predator size - prey size relationships of marine fish predators: interspecific variation and effects of ontogeny and body size ontrophic-niche breadth. *Marine Ecol Progr Ser* 208: 229–248.
56. Suenaga, Y., 1972. Morphological studies on the skull of the Yezo brown bear 1. Growth of the skull size. *Jap. J. Vet. Sci.*, 34: 17 - 28 (with English abstract).
57. Tabatabaei, F., 2011. Patterns of variation in skull phenotypes in *Meriones* (Rodentia: Muridae) from the Iranian region, in relation to species and environmental-geographical

- diversity. Thesis submitted to obtain the degree of doctor in Sciences. Ferdowsi University of Mashhad and Faculty of Sciences Department of Biology.
58. 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*, 50:1339–1352.
59. Werdelin, L., Solounias, N., 1991. The Hyaenidae: taxonomy, systematics and evolution. *Fossils and Strata* 30, 1–104.
60. Witmer, L.M., 1997. The evolution of the antorbital cavity of Archosaurs: a study in soft-tissue reconstruction in the fossil record with an analysis of the function of pneumaticity. *Journal of Vertebrate Paleontology* 17 (Suppl. 1), 1–73.
61. Zavatsky, B.P., 1976. The use of the skull in Age determination of the brown bear. Third International Conference on Bears, pp. 25: 275-279.
62. Zelditch, M.L., Swiderski, D.L., Sheets, H.D., Fink, W.L., 2004. *Geometric Morphometrics for biologists: a primer*. London: Elsevier Academic Press.
63. Ziaie, H., 2007. *A field Guide to Mammals of Iran*. 2nd ed. Tehran (Iran): Wildlife Center Publication. 432 pp. (In Persian).