تغییرات ریخت‌شناختی جمجمه خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*) در دو رشته کوه البرز و زاگرس در ایران

جلیل ایمانی هرسینی[۱]، محمد کابلی*[۲]، مسعود نظری‌زاده دهکردی[۳]، فاطمه رسولی‌نسب[٤]، محسن احمدی[٥]، رسول خسروی شرف آبادی[٥]

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۵
تاریخ تصویب: ۹٤/۱۱/۱۸

چکیده

اندازه‌گیری و توصیف خصوصیات ریختی جانداران ابزاری سودمند برای شناسایی و رده‌بندی آنها محسوب می‌شود و از دیدگاه بوم‌شناسی تکاملی نیز در توصیف سازگاری جمعیت‌های مختلف یک گونه به شرایط محلی حائز اهمیت است. خرس قهوه‌ای بزرگترین گوشتخوار ایران که از گستره پراکنش وسیعی در مناطق کوهستانی شمال و غرب کشور برخوردار است. در این مطالعه تعداد ۲۱ جمجمه (شامل ۱۱ نمونه از رشته کوه‌های البرز و ۱۰ جمجمه از رشته کوه‌های زاگرس) جمع آوری و ۲۶ متغیر برای هر یک از جمجمه‌ها اندازه‌گیری شد. از تغییر شکل لگاریتمی

۱ استادیار ،دانشکده محیط زیست و انرژی ، گروه زیستگاه ها و نتوع زیستی، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات
۲* دانشیار، گروه محیط زیست، دانشگاه تهران(نویسنده مسئول mkaboli@ut.ac.ir)
۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، محیط زیست، دانشگاه تهران
٤ دانش آموخته کارشناسی ارشد، محیط زیست، دانشگاه تهران
٥ دانشجوی دکتری، محیط زیست، دانشگاه صنعتی اصفهان

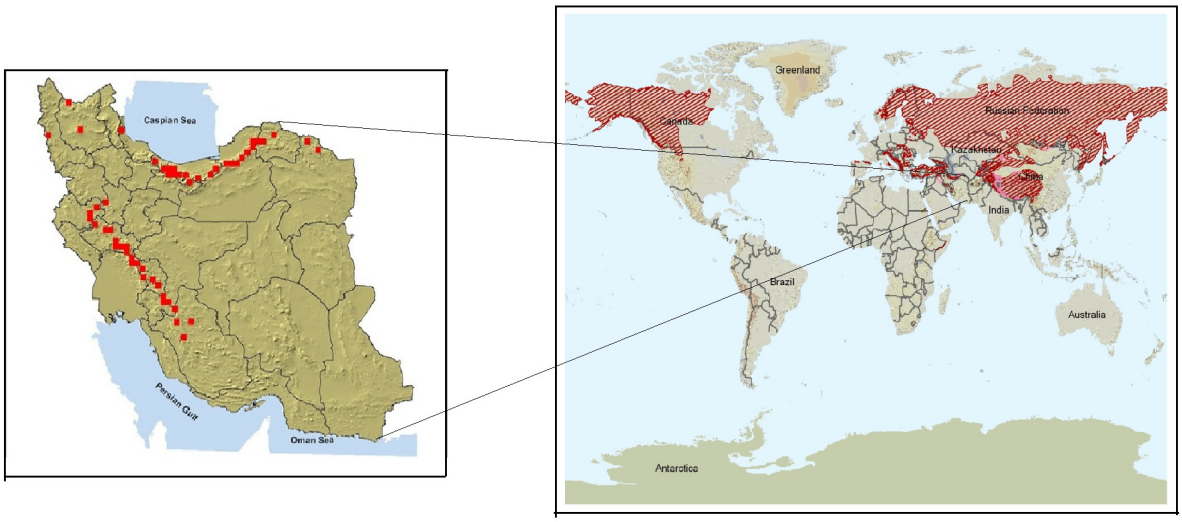
برای دستیابی به توزیع نرمال متغیرهای اندازه‌گیری شده استفاده شد و با استفاده از میانگین هندسی اثر اندازه و سن نمونه‌ها حذف گردید. تفاوت معنی‌دار متغیرهای اندازه‌گیری شده بین نمونه‌های دو منطقه با استفاده از آزمون تی سنجیده شده و از آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای دسته‌بندی متغیرها به مؤلفه‌های توصیف‌کننده ابعاد و شکل جمجمه‌ها استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون تی نشان داد که هشت متغیر از متغیرهای اندازه‌گیری شده بین دو گروه جمجمه‌های جمع‌آوری شده از البرز و زاگرس دارای تفاوت معنی‌داری هستند. براساس نتایج این پژوهش به طور کلی جمجمه‌های مربوط به منطقه البرز دارای ابعاد بزرگتری نسبت به جمجمه‌های منطقه زاگرس هستند. همچنین تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس هشت متغیر معنی‌دار نشان داد که تمایز قابل توجهی در ابعاد ولی نه در شکل جمجمه جمعیت خرس‌های این دو منطقه وجود دارد به نحوی که دو گروه کاملا مجزا از یکدیگر را تشکیل می‌دهند. در مجموع نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند به عنوان گامی ابتدایی برای متخصصان دانش رده‌بندی و همچنین متخصصان حفاظت به منظور معرفی واحدهای تکاملی و حفاظتی معنی‌دار جهت حفاظت موثرتر از تنوع زیستی کشورمان مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: *تغییرات درون گونه‌ای خرس قهوه‌ای، رشته کوه‌های البرز و زاگرس، ریخت‌سنجی*

مقدمه

خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos Linnae-us, 1758*) به عنوان بزرگترین گوشتخوار ایران، یکی از گسترش یافته‌ترین پستانداران خشکی‌زی است که دامنه پراکنش آن طیف وسیعی از زیستگاه‌های عرض‌های جغرافیایی میانه تا عرض‌های جغرافیایی بالا را در اروپا، آسیا و آمریکای شمالی شامل می‌شود (Nowak, 1991). سازگاری خرس قهوه‌ای به شرایط محلی در این گستره وسیع موجب شده است با وجود عدم توافق محققان در رده‌بندی زیرگونه‌های خرس قهوه‌ای و گاه معرفی نزدیک به ۹۰ جمعیت و زیرگونه از این گونه، ۱۶ زیر گونه با ویژگی‌های ریختی و ژنتیکی متفاوت از این گونه شناسایی گردد (Wozencraft, 2005).

متأسفانه زیستگاه این گونه در بسیاری از نقاط دامنه پراکنشش از جمله اروپا، قفقاز و خاورمیانه، به مناطق کوهستانی منزوی محدود شده است (Chestin & Mikesh-ina, 1998 ; Loy et al., 2008). در ایران نیز جمعیت‌های این گونه فقط در مناطق کوهستانی البرز و زاگرس دیده می‌شوند (Ziaei, 2009). زیرگونه‌ای از خرس قهوه‌ای که در ایران زیست می‌کند، متعلق به زیرگونه *U. a. syriacus* است که اندازه کوچک بدن، دندان‌های آسیای کوچک و رنگ روشن موها ویژگی بارز آن است (Hemprich & Ehrenberg, 1828; Kurten, 1965). گستره پراکنش تاریخی این زیرگونه بخش وسیعی از منطقه خاورمیانه از صحرای سینا تا مناطق کوهستانی ایران را شامل می‌شده است (Boitani et al., 2008) (شکل شماره ۱). متأسفانه این زیرگونه در بسیاری از کشورهای محدوده پراکنش



شکل ۱: پراکنش خرس قهوه‌ای در ایران و جهان (نقشه پراکنش گونه در ایران از کرمی و همکاران، ۱۳۹۱).

خود از جمله مصر، لبنان و به تازگی در سوریه، به دلیل تخریب زیستگاه منقرض گردیده و در سایر کشورها هم با کاهش شدید جمعیت روبرو است، به طوریکه جمعیت‌های کوچکی از آن فقط در ایران، کردستان عراق و ترکیه باقیمانده و تکه‌تکه شدن زیستگاه و آسیب‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی منجر به کاهش شدید جمعیت آنها طی ۵۰ سال گذشته در این مناطق شده است (Can & Togan, 2004; Ridings, 2006). تخریب بخش عمده‌ای از زیستگاه‌های خرس قهوه‌ای در سرتاسر دنیا و محدود شدن جمعیت‌های قبلی بهم پیوسته این گونه به زیرجمعیت‌های منزوی موجب شده است تا بین افراد مربوط به زیرگونه‌های مختلف و یا جمعیت‌های مختلف تفاوت‌های قابل توجهی از جنبه‌های مختلف ریخت شناختی نظیر اندازه بدن دیده شود (Chestin & Mikeshina, 1998; Loy et al., 2008).

با توجه به اهمیت شناخت صحیح گونه‌ها و زیرگونه‌های حیات وحش و الگوهای پراکنش جغرافیایی آنها به منظور معرفی واحدهای تکاملی و حفاظتی معنی‌دار (Mazak, 2010)، در این پژوهش تلاش شده است تا با بررسی تفاوت‌های ریخت‌شناختی خرس قهوه‌ای ایران با کمک ریخت‌سنجی جمجمه‌های خرس‌های قهوه‌ای بین دو رشته کوه البرز و زاگرس (که از نظر شرایط زیستگاهی تفاوت‌های قابل توجهی دارند)، میزان تمایز این دو منطقه مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش ها

جمع‌آوری نمونه

با توجه به آن که جمجمه خرس‌های تلف شده در طبیعت به درستی جمع‌آوری نمی‌شود و همچنین اغلب شکارچیان لاشه خرس‌های شکار شده را سریعا آتش زده تا اثری از وقوع جرم باقی نماند، لذا تهیه جمجمه خرس با دشوار زیادی روبرو بوده است. از سوی دیگر اغلب نمونه جمجمه خرس‌های موجود در کلکسیون سازمان حفاظت محیط زیست به دلیل جابجایی پی‌درپی مکان نگاهداری جمجمه‌ها، فاقد برچسب شناسایی است که این امر متاسفانه استفاده از آنها را غیر ممکن می‌سازد. با توجه به محدودیت‌های ذکر شده، در این مطالعه به کمک ادارات کل حفاظت محیط زیست استان‌ها و نیز کلکسیونرهای شخصی فعال در استان‌ها، تعداد ۲۱ جمجمه از برخی مناطق دو رشته کوه البرز و زاگرس (جدول ۱) اندازه‌گیری شد. از آنجا که برخی ویژگی‌های جمجمه (از جمله طول آن) بین خرس‌های نر و ماده تفاوت معنی دار دارد، لذا جهت پرهیز از بروز خطا در نتایج، فقط جمجمه خرس‌های نر بالغ اندازه گیری شد.

جدول ۱: موقعیت و تعداد نمونه‌های بدست آمده از جمجمه خرس قهوه‌ای.

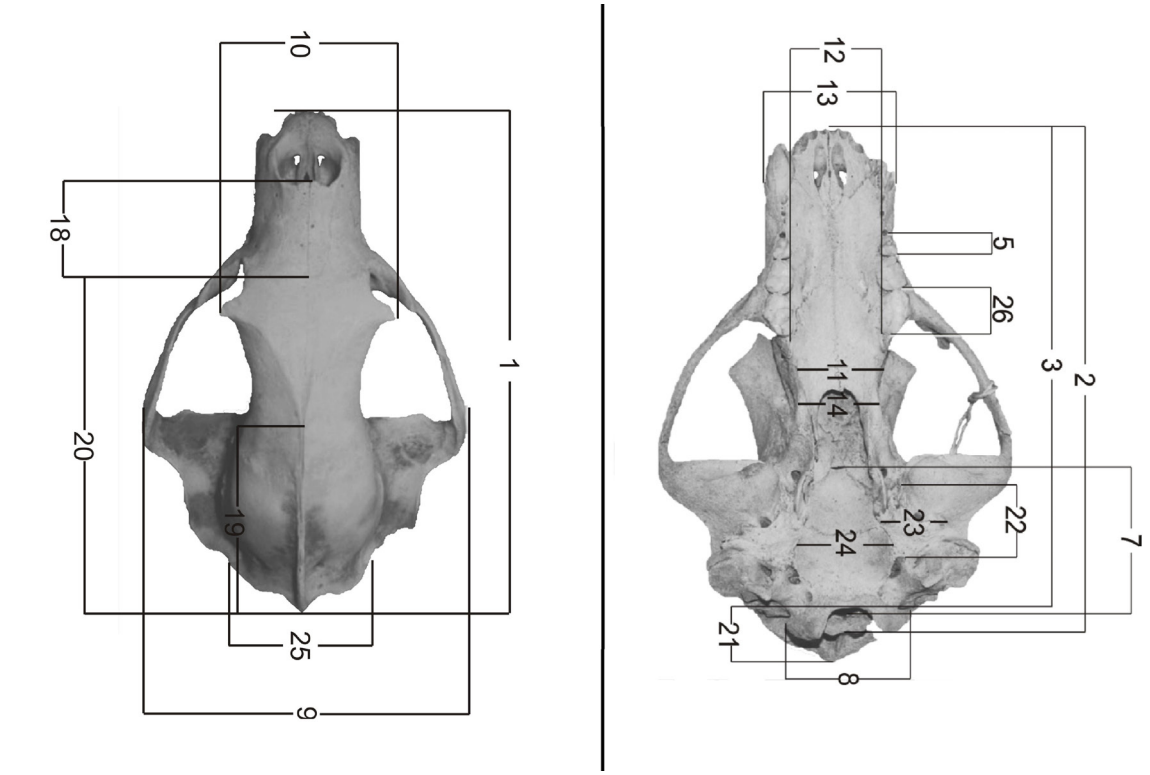
استان	مکان جمع‌آوری جمجمه	کد نمونه
گلستان	گرگان	گلستان ۱
	پارک ملی گلستان	گلستان ۲
	پارک ملی گلستان	گلستان ۳
	پارک ملی گلستان	گلستان ٤
سمنان	دامغان	سمنان ۱
	شاهرود	سمنان ۲
	منطقه حفاظت شده پرور	سمنان ۳
	منطقه حفاظت شده پرور	سمنان ٤
تهران	تهران	تهران ۱
	فیروزکوه	تهران ۲
کرمانشاه	صحنه	کرمانشاه ۱
	کرمانشاه	کرمانشاه ۲
	کرمانشاه	کرمانشاه ۳
لرستان	–	لرستان ۱
	–	لرستان ۲
	–	لرستان ۳
همدان	ملایر	همدان ۱
	ملایر	همدان ۲
آذربایجان شرقی	منطقه حفاظت شده ارسباران	آذربایجان شرقی
فارس	مرودشت	فارس
کهکیلویه و بویراحمد	یاسوج	کهگیلویه و بویراحمد

اندازه گیری‌ها:

با مرور منابع (Loy et al., 2008; Farkas et al., 2009) تعداد ۲٦ متغیر قابل اندازه‌گیری برای جمجمه خرس قهوه‌ای مشخص گردید (شکل ۲ و جدول ۲). به دلیل شکستگی برخی جمجمه‌ها، اندازه گیری برخی صفات شامل LBR، BPC، VDI، HDI، IOB و GPB برای همه نمونه‌ها امکان‌پذیر نبوده است. لذا این متغیرها از دسته داده‌ها حذف و اندازه‌گیری جمجمه‌ها بر اساس ۲۱ متغیر و با کولیس با دقت ۰/۰۲ میلیمتر توسط یک شخص و با یک دقت انجام شد.

جدول ۲: متغیرهای قابل اندازه‌گیری در جمجمه خرس‌های قهوه‌ای.

شماره	متغیر	کد اختصاری	شماره	متغیر	کد اختصاری
۱	بیشترین طول جمجمه Greatest length skull	GRL	۱۴	حداقل پهنای برآمدگیهای پس حدقه ای Breathe post choanea	BPC
۲	طول کندیل Condylobasal length	CBL	۱۵	پهنای میان سوراخهای تحتحدقه ای Breathe insight frontal	BIF
۳	طول بازال Basilar length	BAL	۱۶	قطر عمودی سوراخ تحت حدقه ای Vertical diameter of insight	VDI
۴	طول ردیف دندانهای بالایی از نیش تا پیش آسیا Length of left upper tooth row	LUT	۱۷	قطر افقی سوراخ های تحت حدقه ای Horizontal diameter of insight	HDI
۵	بیشترین طول کارناسیل Length of P۴	LP۴	۱۸	حداقل طول نازال Minimum length nasal	MIN
۶	ارتفاع جمجمه در پروسه های فوق حدقهای Skull sub process	SSP	۱۹	طول میان اوپیستوکرانیون و براگما Length of Opisthocranion-bregma	LOB
۷	طول محفظه مغز از اپیستیون تا ساختار خلفی حدقهای Length of brain (opisthon-post orbital)	LBR	۲۰	طول میان اوپیستوکرانیون و نازیون Length of occipital Opisthocranion-nasion	LON
۸	بیشترین عرض کندیلهای اکسی پیتال Breadth of occipital codyles	BOC	۲۱	طول میان اوپیستوکرانیون و بازیون Length of occipital and basil	LOP
۹	پهنای زیگوماتیک Zygomatic breadth	ZYB	۲۲	طول صندوق صماخ Length of box occipital	LBO
۱۰	پهنای پیشانی Forehead breadth	FRB	۲۳	عرض صندوق صماخ height of box occipital	HBO
۱۱	حداقل پهنای بین حدقهای Lachrymal of bone breathe	IOB	۲۴	پهنای میان صندوقهای صماخ Breathe between boxes	BBB
۱۲	بیشترین عرض کامی خلف دندان کارناسیل شامل آلوئول Greatest palatine bones	GPB	۲۵	طول جعبه جمجمه Length of skull box	SKULL BOX (SkBo)
۱۳	پهنای رستروم Rostrum breadth	ROB	۲۶	طول دندان آسیا Length of M۲	M۲



شکل ۲: موقعیت متغیرهای اندازه‌گیری شده در سطح پشتی و شکمی جمجمه خرس‌های قهوه‌ای.

تیمار و تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور حذف اثر تفاوت اندازه ناشی از تفاوت سن بین نمونه‌ها، از تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده میانگین هندسی گرفته شد (Darroch & Mosimann 1985; Mosimann 1987). از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov–Smirnov test) برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها استفاده شد. همچنین جهت بررسی همسانی واریانس‌ها، آزمون لیون (Leavens) مورد استفاده قرار گرفت. از آزمون تی مستقل (t-test) برای مقایسه متغیرهای اندازه‌گیری شده بین دو رشته کوه البرز و زاگرس استفاده شد.

با توجه به آنکه در تجزیه تابع تشخیص (Discriminant Function Analysis, DFA) از پیش گروه‌بندی نمونه‌ها تحت نظر اولیه محقق در آنالیزها وارد می‌گردد، لذا در این مطالعه از تجزیه به مولفه‌های اصلی (Principal Components Analysis, PCA) استفاده شد چراکه از پیش هیچ نوع پیش‌داوری در خصوص گروه‌بندی نمونه‌ها توسط محقق به آنالیزها وارد نمی‌گردد. برای این منظور از متغیرهای معنی‌دار حاصل از آزمون تی جهت انجام تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده شد. همچنین فاصله ریخت‌شناختی بین نمونه جمجمه‌ها

با استفاده از فاصله اقلیدسی (Euclidean distance) محاسبه و از الگوریتم اتصال میانگین (Average link; UPGMA) جهت رسم دندروگرام ریخت‌شناختی خرسهای البرز و زاگرس استفاده شد. این آنالیزها با نرم‌افزارهای آماری (Statsoft, 2001) Statistica 6.0 و (Thioulouse et al., 1997) ADE-4 انجام شد.

نتایج

نتایج آزمون‌ها آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که تمامی داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت می‌کردند. همچنین آزمون لیون نشان داد که تمامی دسته داده‌ها دارای واریانس‌های همسان هستند. نتایج آزمون تی مستقل نیز نشان داد که از ۲۱ متغیر اندازه گیری شده، تعداد هشت متغیر بین خرس‌های دو منطقه البرز و زاگرس تفاوت معنی دار ($\alpha=0.05$) دارند (جدول ۲). بیشترین طول جمجمه (GRL)، طول بازال (BAL)، بیشترین عرض کندیل های اکسی پیتال (BOC)، پهنای زیگوماتیک (ZYB)، پهنای رستروم (ROB)، طول میان اوپیستوکرانیون و بازیون (LOP)، طول صندوق صماخ (LBO) و طول جعبه جمجمه (SkBo) بوده است.

جدول ۳: بیشترین، کمترین، میانگین، انحراف معیار و اشتباه معیار در متغیرهای اندازه گیری‌شده.

متغیر	بیشینه	کمینه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد
GRL	۴۰۱/۱۸	۲۷۶/۱۲	۳۱۳/۶۹*	۳۳/۲۱	۱/۵۸
BAL	۳۷۳/۲۴	۲۳۴/۱۲	۲۷۳/۶۶*	۳۸/۵۱	۱/۸۳
ZYB	۲۵۲/۲۴	۱۵۳/۱۲	۱۸۶/۴۰*	۱۹/۲۵	۰/۹۲
ROB	۸۵/۱۸	۵۴/۳۴	۷۲/۷۹*	۱۰/۲۹	۰/۴۹
LOP	۵۹/۸۰	۱۹/۱۴	۴۰/۰۲*	۱۳/۶۱	۰/۶۵
LBO	۵۵/۰۰	۳۲/۴۶	۴۳/۵۴*	۵/۴۳	۰/۲۶
Skull box	۱۳۱/۸۰	۷۳/۲۴	۹۲/۲۵*	۱۵/۷۳	۰/۷۵
SSP	۱۱۶/۸۸	۷۶/۴۲	۸۹/۲۲ ns	۹/۰۷	۰/۴۳
BOC	۸۶/۷۲	۵۳/۲۲	۷۱/۴۳ ns	۱۰/۷۴	۰/۵۱
CBL	۳۶۱/۱۰	۲۶۷/۰۲	۲۹۰/۰۸ns	۲۷/۶۹	۱/۳۲
FRB	۱۱۳/۴۲	۷۹/۲۲	۹۰/۵۲ ns	۹/۶۵	۰/۴۶
LUT	۱۲۸/۱۲	۹۸/۲۲	۱۱۳/۱۳ ns	۷/۸۵	۰/۳۷
BIF	۷۴/۱۰	۵۴/۲۵	۶۳/۵۶ ns	۵/۰۹	۰/۲۴
MIN	۹۲/۳۲	۶۲/۲۶	۷۹/۵۰ ns	۶/۶۷	۰/۳۲
LOB	۱۱۰/۳۲	۳۲/۴۶	۷۱/۴۲ ns	۲۰/۹۹	۱/۰۰
LON	۲۴۲/۲۴	۷۱۵/۰۲	۱۹۶/۴۴ ns	۲۳/۱۴	۱/۱۰
M^2	۳۷/۴۸	۲۶/۴۲	۳۲/۸۹ ns	۲/۶۹	۰/۱۳
HBO	۴۵/۳۸	۲۹/۸۴	۳۶/۰۲ns	۳/۳۳	۰/۱۶
BBB	۶۲/۸۰	۲۶/۲۶	۴۴/۰۵ns	۹/۱۵	۰/۴۴
LP^4	۱۶/۶۰	۱۱/۴۲	۱۳/۶۰ns	۱/۳۶	۰/۰۷

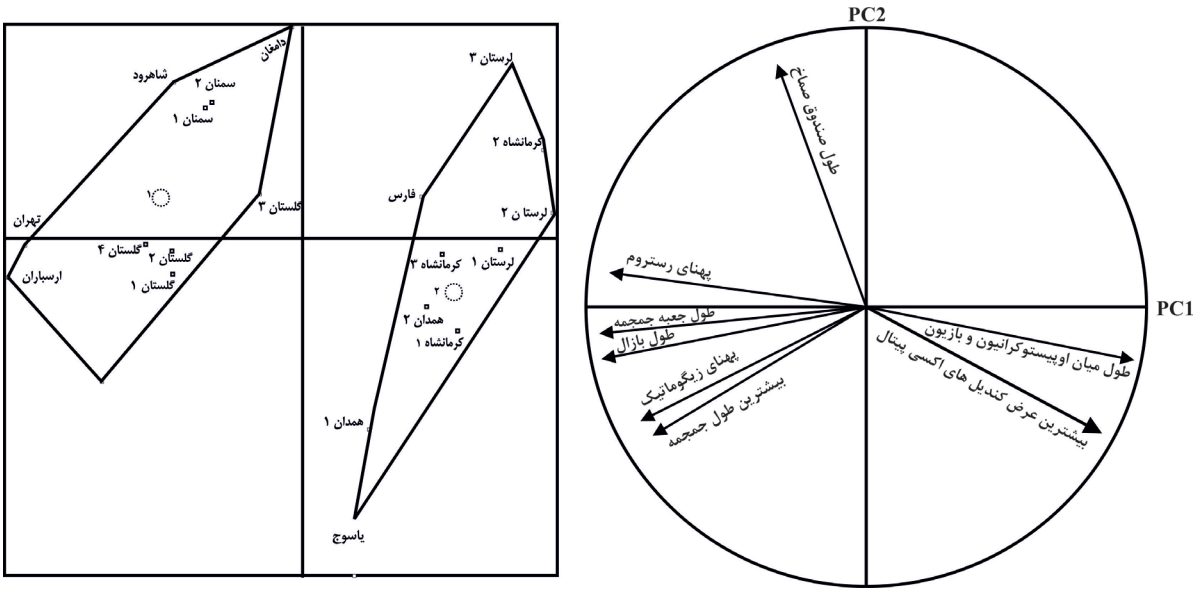
*: معنی داری در سطح معنی داری ۹۵٪؛ ns: عدم معنی داری در سطح معنی داری ۹۵٪

همچنین جدول شماره ٤ نتیجه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و سهم هر یک از مؤلفه‌ها در واریانس کل نشان داده شده است. با توجه به جدول مقادیر ویژه، محورهای شماره اول، دوم و سوم این آنالیز بیش از ۹۳ درصد از تغییرات متغیرهای اولیه را شامل می شوند.

جدول۴: مقادیر ویژه مولفه‌های حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی متغیرهای ثانویه.

	متغیرها	PC۱	PC۲	PC۳
Eigenvalues		۵,۵۶۹۲	۵,۱۱۸۷	۱,۴۳۶۰
Percentages of explained variance		۲۳,۱	۱۲,۸	۹,۱
Cumulated percentages of variance		۲۳,۱	۳۵,۹	۴۵
Contribution of the variables (/۱۰۰۰۰)				
	GRL	۱۰۳۸	۱۴۹۳	۳۹۴۶
	BAL	۱۵۸۹	۲۴۲	۱۳۱۱
	BOC	۱۲۷۶	۱۴۴۵	۶۷۱
	ZYB	۱۱۵۶	۱۱۷۸	۱۱۵۴
	ROB	۱۴۹۶	۱۰۰	۸۱۷
	LOP	۱۶۴۶	۲۵۷	۶۰
	LBO	۱۷۷	۵۲۱۶	۱۸۵۷
	SkBo	۱۶۱۸	۶۵	۱۸۰

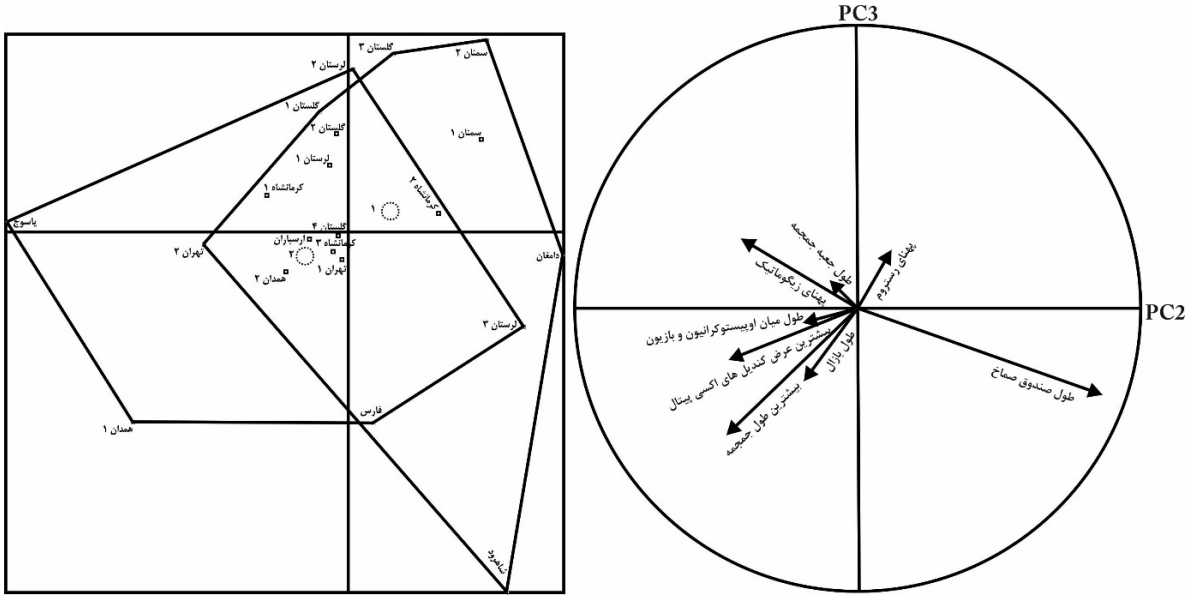
محور اول تجزیه به مولفه‌های اصلی بیانگر اندازه (Size) نمونه‌هاست. بر این اساس نمونه جمجمه‌های مورد مطالعه بر اساس مجموع صفات اندازه‌گیری شده، از بزرگترین (جمجمه خرس شکار شده در فیروزکوه) تا به کوچکترین (جمجمه خرس لرستان) در امتداد محور اول این آنالیز خوشه‌بندی می‌شوند (شکل۳). این شکل نشان می‌دهد که جمجمه خرس‌های رشته کوه البرز به میزان قابل توجهی بزرگتر از جمجمه خرس‌های رشته کوه زاگرس هستند و در دو خوشه کاملا مجزا در این آنالیز خوشه‌بندی شده‌اند. از سوی دیگر با توجه به متغیر طول میان اوپیستوکراتیون و بازیون و همچنین متغیر بیشترین عرض کندیل‌های اکسی‌پیتال در دایره همبستگی متغیرها در این شکل، محور اول این آنالیز کاملا به اندازه محدود نشده و تا حدودی از شکل (Shape) جمجمه‌ها تاثیر پذیرفته است.



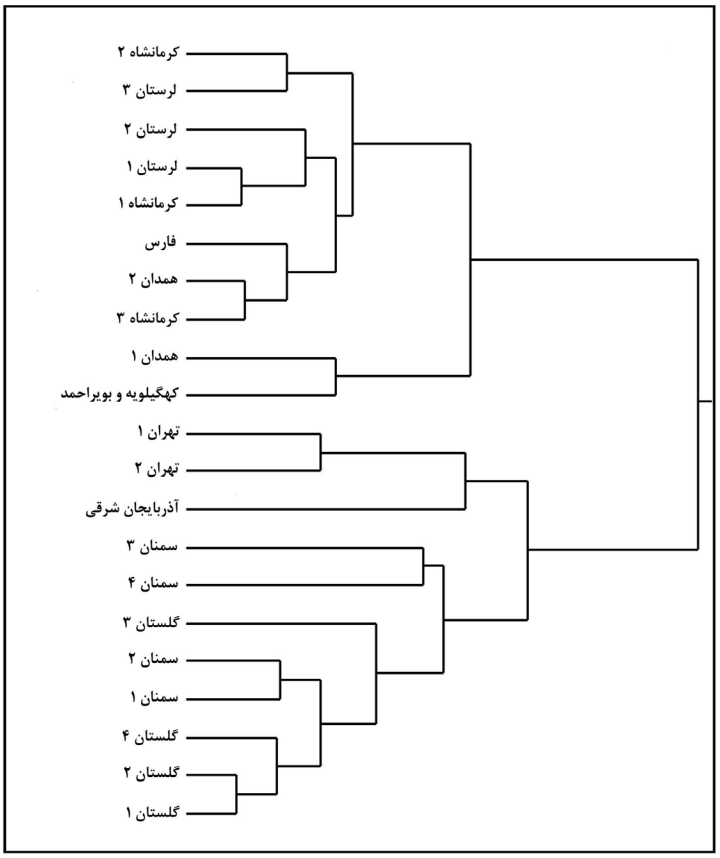
شکل ۳: خوشه‌بندی ۲۱ جمجمه خرس قهوه‌ای از دو رشته کوه البرز و زاگرس برای هشت متغیر معنی‌دار بین این دو گروه در امتداد محورهای اول و دوم تجزیه به مولفه‌های اصلی. چند ضلعی‌ها نشان دهنده پراکنش جمجمه‌های هر رشته کوه در خوشه مربوطه هستند. مرکز هر گروه از جمجمه‌ها نیز با دایره نقطه چین درون چندضلعی نشان داده شده است. دایره همبستگی متغیرها نیز در این شکل در امتداد محورهای اول و دوم نشان داده شده است.

از سوی دیگر، محور دوم تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان دهنده شکل (Shape) جمجمه‌ها است (شکل ٤). این شکل نشان می‌دهد که جمجمه خرس‌های رشته کوه‌های البرز و زاگرس تفاوت چندان بارزی در شکل نسبت به یکدیگر ندارند. در این شکل، چند ضلعی‌های دربرگیرنده جمجمه‌های هر رشته کوه با یکدیگر همپوشی بالایی نشان می‌دهند و مرکز این دو گروه از جمجمه‌ها نیز تا حد زیادی به هم نزدیک است. این امر نشان می‌دهد که تفاوت‌های ریختی در جمجمه خرس‌های این دو رشته کوه بیشتر در جهت ابعاد آنها به وقوع پیوسته ولی در شکل جمجمه هنوز تفاوت‌ها قابل ملاحظه نیست.

محاسبه فاصله اقلیدسی بین همه جمجمه‌های اندازه‌گیری شده بر اساس هشت صفت معنی‌دار و سپس روش اتصال میانگین برای خوشه‌بندی و ترسیم درخت ریخت‌شناختی منجر به ایجاد دو خوشه کاملا مجزا و مشخص شامل جمجمه‌های رشته کوه البرز در مقابل جمجمه‌های رشته کوه زاگرس شده است و نشان می‌دهد که جدایی ریختی جمجمه خرس‌های این دو منطقه معنی‌دار و قابل تامل است (شکل ٥).



شکل ٤: خوشه‌بندی ۱۲ جمجمه خرس قهوه‌ای از دو رشته کوه البرز و زاگرس برای هشت متغیر معنی‌دار بین این دو گروه در امتداد محورهای دوم و سوم تجزیه به مولفه‌های اصلی. چند ضلعی‌ها نشان دهنده پراکنش جمجمه‌های هر رشته کوه در خوشه مربوطه هستند. مرکز هر گروه از جمجمه‌ها نیز با دایره نقطه چین درون چندضلعی نشان داده شده است. دایره همبستگی متغیرها نیز در این شکل در امتداد محورهای دوم و سوم نشان داده شده است.



شکل ٥: دندروگرام حاصل از محاسبه فاصله اقلیدسی و روش اتصال میانگین بر اساس هشت متغیر معنی‌دار بین جمجمه‌های رشته کوه‌های البرز و زاگرس. دو خوشه کاملا مجزا از خرسهای زاگرس (در بالا) و البرز (در پایین) تشکیل شده است.

بحث و نتیجه گیری

وجود تنوع ریختی، ژنتیکی، فیزیولوژیکی و رفتاری بین جمعیت‌های مختلف یک گونه و حتی بین افراد یک جمعیت از یک گونه امری معمول است. سازگاری‌های ریختی یک گونه (که خود بازتابی از ژنوتیپ‌های آن است) با شرایط زیست‌محیطی محلی به طور دائم توسعه می‌یابد و آنها که به بهترین وجه با شرایط زیستگاه خود منطبق باشند، قادر به ادامه حیات و تولید مثل خواهند بود. لذا دو عامل ژنتیک و شرایط زیستگاهی را می‌توان مسئول چنین تفاوت‌هایی دانست (Krebs, 1997; Mazak, 2010). از این‌رو علاوه بر تاثیر وقایع تاریخی بر انشقاق گونه‌ها و اثر آن در تفاوت‌های ریختی بین افراد یک گونه در مناطق مختلف، فاکتورهای دیگری همچون تغییر در روند تکاملی گونه‌ها، نقش‌های کارکردی متفاوت و پاسخ به فشار انتخابی محیط و نیز از دست‌دهی یکپارچگی زیستگاه‌ها و تکه‌تکه شدگی ناشی از فعالیت‌های انسانی و متعاقبا عدم برقراری ارتباط و جریان ژنی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه (Proctor, 2002; Loy et al., 2008)، به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بروز تفاوت‌های ریختی در بین افراد یک گونه معرفی می‌شود. از سوی دیگر گونه‌های حیات وحش دارای محدوده پراکنش وسیع به دلیل مواجهه با شرایط زیستگاهی مختلف، به خوبی نشان دهنده این مهم هستند که تفاوت‌های ریخت‌شناختی در جمعیت‌های متفاوت آنها ناشی از قوانین اکوژئوگرافیک (بوم شناسی جغرافیایی) و فاکتورهای محلی است (Aragon et al., 1998; Sagarin & Gaines, 2002).

یکی از روش‌های مهم و قابل اتکا در زمینه تشخیص تفاوت بین جمعیت‌های مختلف یک گونه، انجام مطالعات ریخت-شناختی جمجمه است که به کمک آن می‌توان اثر عوامل ژنتیکی و محیط‌زیستی بر روند توسعه و تکامل گونه‌ها و تفاوت اکوفنوتیپ و ژنتیکی آنها را به خوبی توصیف نمود (Meiri et al., 2005; Virgos et al., 2011). بدین منظور مطالعات متعددی در ارتباط با ریخت‌سنجی جمجمه از جمله جمجمه خرس قهوه‌ای انجام شده است (Amano, 2004; Loy, 2007; Farkaš et al., 2009). با توجه به میزان اهمیت متغیرها در محورهای ۱و ۲ (شکل ۳) خرس‌های دو رشته کوه البرز و زاگرس، کاملا از هم جدا شده‌اند. بر این اساس از نظر اندازه، طول اوپیستوکرانیون تا بازیون و بیشترین عرض کندیل‌های اکسیپیتال در خرس‌های رشته کوه زاگرس کاملا بیشتر از خرس‌های منطقه البرز است و در مقابل طول جعبه جمجمه، پهنای رستروم و طول بازال، طول صندوق صماخ و پهنای زیگوماتیک در خرس‌های

منطقه البرز کاملا متفاوت از خرس‌های منطقه زاگرس است. براساس اندازه این متغیرها به طور کلی جمجمه‌های مربوط به منطقه البرز دارای ابعاد بزرگتری نسبت به جمجمه‌های منطقه زاگرس هستند. اما خوشه‌بندی نمونه جمجمه‌ها در امتداد محور دوم و سوم از تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که جمجمه خرس‌های این دو رشته کوه هنوز در شکل خود تشابه بالایی داشته و از هم تفکیک ناپذیرند.

با توجه به این که طول دوره پوشش برف در سطح زمین در طی فصول پاییز و زمستان و همچنین میانگین درجه حرارت سالانه بین دو منطقه البرز و زاگرس تفاوت چندانی باهم ندارند، به نظر نمی‌رسد که افزایش جثه (به منظور جلوگیری از هدردهی حرارت بدن) در سازش به تغییرات آب و هوایی، مسئول ایجاد تفاوت‌های ریختی (از جمله تفاوت در ابعاد جمجمه) بین خرس‌های قهوه‌ای این دو منطقه شده باشد.

از سوی دیگر، فاکتورهای موثر بر پراکنش و جابجایی افراد بین جمعیت‌های مختلف یک گونه یکی از مهمترین دلایل تنوع ژنتیکی و ریختی محسوب می‌شود. چنانچه این فاکتورها مانع از پراکنش افراد به زیستگاه‌ها یا جمعیت‌های دیگر شود، تفاوت‌های ژنتیکی و ریختی در بین افراد مناطق مختلف که از یکدیگر جدا هستند، با سرعت بیشتری تکامل می‌یابد. مساحت بالای کشور، محدود شدن گستره پراکنش خرس قهوه‌ای به مناطق جنگلی و علفزارهای مرتفع کوهستانی در دو رشته کوه البرز و زاگرس (Ziaei, 2009) و تراکم فعالیت‌ها و سکونتگاه‌های انسانی در بین این دو ناحیه، تا حدود زیادی مانع جابجایی افراد میان زیستگاه‌های مختلف این دو ناحیه گشته است. به نظر می‌رسد این امر موجب اختلال در جریان ژنی بین جمعیت‌ها گشته و زمینه را برای افزایش تفاوت‌های ریختی در افراد این گونه در این دو منطقه فراهم آورده است. این امر با نتایج Loy و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد که در بررسی تفاوت ریختی خرس‌های قهوه‌ای دو ناحیه کوهستانی در ایتالیا به این نتیجه رسیدند که محدود شدن دو جمعیت خرس قهوه‌ای مورد بررسی به نواحی کوهستانی و عدم برقراری جریان ژنی بین آنها و متعاقبا سازش به شرایط محلی، موجب بروز تفاوت‌های ریخت‌شناختی جمجمه آنها شده است.

همچنین محدود شدن جمعیت‌های یکپارچه خرس قهوه‌ای در قفقاز و ایجاد اختلال در جریان ژنی بین جمعیت‌های این گونه به دلیل استقرار انسان و انجام فعالیت‌های انسانی، به عنوان مهم‌ترین عامل جدایی جمعیت‌های خرس قهوه‌ای و بروز دو زیرجمعیت از این گونه با ویژگی‌های ریختی و ژنتیکی متفاوت، توسط Murtskh-valadze و همکاران (۲۰۱۰) نیز به اثبات

رسیده است.

از سوی دیگر رژیم غذایی و سازش به نوع منابع غذایی در دسترس بر ویژگی‌های جمجمه‌ای-دندانی از جمله شکل عضلات فک، دندان‌های گوشت‌بر (کارناسیال)، کمان زیگوماتیک و آرواره‌های خرس‌ها اثر مستقیم گذاشته و منجر به تفاوت-های ریخت‌شناختی جمجمه حتی در میان جمعیت‌های یک گونه می‌گردد (Figueirido et al., 2009). اگرچه تاکنون مطالعه‌ای در خصوص تفاوت رژیم غذایی خرس‌های دو رشته کوه البرز و زاگرس صورت نگرفته، اما با توجه به شرایط زیستگاهی متفاوت در این دو منطقه می‌توان انتظار داشت بخشی از این تفاوت‌ها ریختی متأثر از تفاوت منابع غذایی در دسترس گونه در این دو منطقه باشد همان‌طور که Ohdachi و همکاران (۱۹۹۲) نیز در طی مطالعات خود به آن اشاره نموده و نشان دادند که 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 است. همچنین (Zuccarelli 2004) تفاوت ریختی معنی‌دار بین جمجمه گونه‌های در اسارت و وحشی را ناشی از تفاوت در رژیم غذایی آنها معرفی نمودند.

در نهایت اگرچه ریخت‌سنجی برخی ویژگی‌های جمجمه می‌تواند ابزار بسیار مناسبی برای تشخیص زیرجمعیت‌های خرس قهوه‌ای باشد، اما بررسی‌های بیشتر با بهره‌گیری از سایر ویژگی‌های استخوانی، که در این پژوهش امکان اندازه‌گیری و بررسی آنها وجود نداشت، از جمله شکل تیغه ساجیتال، درجه تحدب پیشانی، حجم درون جمجمه‌ای (Endocranial volume)، ریخت‌سنجی دقیق دندان‌های کارناسیال و همچنین بررسی‌های دقیق ژنتیکی، ارزش‌های قابل توجهی در شناسایی زیرجمعیت‌های مختلف این گونه، فهم ارتباطات تکاملی میان آنها و تعیین دقیق جایگاه آرایه‌شناختی این گونه در ایران دارد. نتایج چنین مطالعاتی به طور قطع در جهت تعیین واحدهای تکاملی و حفاظتی معنی‌دار از ارزش بالایی برخوردار خواهد بود چرا که حفظ تنوع زیستی بدون آگاهی و شناخت چنین واحدهای حفاظتی امکان‌پذیر نیست.

منابع

Aragon, S., Braza, F., Jose, C. S. and Fandos, P. (1998). Variation in skull morphology of roe deer (Capreolus capreolus) in western and central Europe. Journal of Mammalogy 79(1): 131-140.

Boitani, L., Sinibaldi, I. F., Corsi, A., De Biase, I. D., Carranza, I., Ravagli, M., Reggiani, G., Rondinini, C. and Trapanese, P. (2008). Distribution of medium-to large-sized African mammals based on habitat suitability models. Biodiversity and Conservation 17(3): 605-621.

Can, Ö. and Togan, İ. (2004). Status and management of brown bears in Turkey. Ursus 15(1): 48-53.

Chestin, I. E. and Mikeshina, N. G. (1998). Variation in skull morphology of brown bears (Ursus arctos) from Caucasus. Journal of Mammalogy 79(1): 118-130.

Darroch, J. N. and Mosimann, J. E. (1985). Canonical and principal components of shape. Biometrika 72(2): 241-252.

Farkaš, V., Gomerčić, M., Sindičić, V., Slijepčević, Đ., Huber, A., Frković T. and Modrić, S. (2009). Craniometrical Analysis and Determination of Sexual Dimorphism in Brown Bear (Ursus arctos L.) from Croatia. Šumarski list 133(9-10): 527-536.

Figueirido, B., Palmqvist P. and Pérez-Claros, J. (2009). Ecomorphological correlates of craniodental variation in bears and paleobiological implications for extinct taxa: an approach based on geometric morphometrics. Journal of Zoology 277(1): 70-80.

Hemprich, F. and Ehrenberg, C. G. (1828). Symbolae physicae. Edited by F. Hilgendorf. Berlin, Pars Zoologica.

Karami, M., Ghadirian, T. and Feizolahie, K. (2012). Atlas of Mammals of Iran. 292pp; Iranian Students Booking Agency. Tehran.

Krebs, C. J. (1997). Vole cycles on Hokkaido: a time-series goldmine. Trends in

ecology & evolution 12(9): 340-341.

Kurtén, B., Fauna, P. S. and Fennica, F. (1965). The Carnivora of the Palestine caves. Acta zoologica Fennica. 74 pp; Finland.

Loy, A., Genov, M., Galfo, M., Jacobone, P., and 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 75(1): 67-75.

Mazák, J. H. (2010). Craniometric variation in the tiger (Panthera tigris): implications for patterns of diversity, taxonomy and conservation. Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde 75(1): 45-68.

Meiri, S., Dayan, T. and Simberloff, D. (2005). Biogeographical patterns in the Western Palearctic: the fasting-endurance hypothesis and the status of Murphy's rule. Journal of Biogeography 32(3): 369-375.

Mosimann, J. (1987). Multivariate analysis of size and shape: modeling with the Dirichlet distribution. computer science and statistics: Proc. 19thSymp. On the interface, Philadelphia: 1-9.

Murtskhvaladze, M., Gavashelishvili, A. and Tarkhnishvili, D. (2010). Geographic and genetic boundaries of brown bear (Ursus arctos) population in the Caucasus. Molecular Ecology 19(9): 1829-1841.

Nowak, R. M. (1999). Walker's Mammals of the World (6th), Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press.

Ohdachi, S., Aoi, T., Mano, T. and Tsubota, T. (1992). Growth, Sexual Dimorphism, and Geographical Variation of Skull Dimensions of the Brown Bear Ursus arctos in Hokkaido. Journal of the Mammalogical Society of Japan 17(1): 27-47.

Proctor, M. F., McLellan, B. N. and Strobeck, C. (2002). Population fragmentation of grizzly bears in southeastern British Columbia, Canada. Ursus 13: 153-160.

Ridings, C. (2006). Green bear in the desert. International Bear News 15(2): 12-13.

Sagarin, R. D. and Gaines, S. D. (2002). The 'abundant centre'distribution: to what extent is it a biogeographical rule? Ecology letters 5(1): 137-147.

STATSOFT (2001). STATISTICA, Version 6. StatSoft, Tulsa, Oklahoma, USA.

Thioulouse, J., Chessel, S., Dolédec, D. and Olivier, J. M. (1997). ADE - 4: ecological data analysis: exploratory and Euclidean methods in Environmental Sciences. University of Lyon 1, Lyon, France.

Virgós, E., Kowalczyk, R., Trua, A., de Marinis, A., Mangas, J. G., Barea-Azcón, J. M. and Geffen, E. (2011). Body size clines in the European badger and the abundant centre hypothesis. Journal of biogeography 38(8): 1546-1556.

Wozencraft, W.C., Wilson, E. and Reeder D. M. (2005). Mammal Species of the World: a Taxonomic and Geographic Reference. 3rd ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. Pp. 532–628.

Ziaie, H. (2009). A Field Guide to the Mammals of Iran, (3nd Ed.). Tehran: Iran Wildlife.

Zuccarelli, M. D. (2004). Comparative morphometric analysis of captive vs. wild African lion (Panthera leo) skulls. Basic Input Output System 75(4): 131-138.