

Original Research Paper

Morphometric analysis of the Late Miocene giraffids from Maragheh region and their relations with those from Turkey and Spain

Akbar Sohrabi*¹

¹ Department of Geology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 2025 July 28

Accepted: 2025 October 27

Available online: 2025 December 22

Keywords:

Mammals

Late Miocene

Morphometry

Multivariate analysis

Paleoecology

ABSTRACT

The Maragheh fossil site in East Azarbaijan province is considered as one of the richest and most valuable fossil sites in the world due to the abundance and diversity of vertebrate fossil. The Maragheh Formation of the Miocene age is well exposed on the slopes of the Sahand Mountain and includes diverse vertebrate fossils such as giraffids, antelopes, horses, rhinoceros, and proboscidean. The giraffid fossils in the Maragheh region, are of the great importance in paleogeographic and paleoecological studies. In this study, a dataset was compiled based on the morphometric measurements of the locomotory limbs of the giraffids from the Maragheh, Turkey, and Spain. In order to investigate the paleogeographic and paleoecological relations between the studied giraffid fossils, a detailed analysis of the dataset was conducted by using multivariate analyses. The results of the principal component analyses (PCA) and cluster analyses (CA) show a high similarity between the fossil specimens from the Maragheh region with those from Turkey and Spain. This close morphological relations between the fossils of Maragheh region and other studied fossils indicates the existence of an ecological environment with similar faunas at the same geographical latitudes during the Turolian period.

1. Introduction

The Maragheh region in East Azerbaijan province is well-known for having one of the richest Miocene mammal fossils in the West Asia, which is also known as Pikermian Fauna (Abich, 1858; Brandt, 1870; Grewingk, 1881; Bernor et al. 1996; Mirzaie Atabadi et al., 2013). This region is

one of the connection links of savanna fauna (7-9.5 million years ago) and has paleoecological and paleogeographic importance due to its similarity with the European fauna.

The Maragheh Formation, which accumulated in the southern part of the Sahand volcanic massif, is divided into two upper

* Corresponding author: Akbar Sohrabi; E-mail: ak.sohrabi@tabrizu.ac.ir

Citation:

Sohrabi, A., 2025. Morphometric analysis of the Late Miocene giraffids from Maragheh region and their relations with those from Turkey and Spain. Scientific Quarterly Journal of Geosciences, 35(4), 138, 133-150. <https://doi.org/10.22071/gsj.2025.537583.2214>.

E-ISSN: 2645-4963; Copyright©2021 G.S. Journal & the authors. All rights reserved.

 doi: 10.22071/gsj.2025.537583.2214

 dor: 20.1001.1.10237429.1404.35.4.8.5



This is an open access article under the by-nc/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

and lower members based on the lithology and sedimentary facies (Campbell et al., 1980; Bernor, 1986). The lower member is fossiliferous and contains a succession of marl, tuff, tuff-sandstone, and layers of conglomerate sand. The upper member is much wider and thicker than the lower member and there are no fossils of terrestrial vertebrates in this member (Campbell et al., 1980; Bernor, 1986).

Given the high diversity and abundance of giraffid fossils in the Maragheh region, these mammals are of great importance in phylogenetic and paleoecological studies. In this study, a quantitative method was conducted to investigate the relations between the Late Miocene giraffids of the Maragheh region and those fossils of the same age in other regions of the world. In this method, the dataset obtained from morphometric measurements of the locomotory organs of giraffids from Maragheh, Turkey, and Spain was analyzed using the multivariate analyses. The results of the multivariate analysis provide more comprehensive information about the relations between the giraffids of the Maragheh region and those from Turkey and Spain. By interpreting these data, a better understanding of the paleoecology and paleoenvironment of the Maragheh region during the Late Miocene can be obtained.

2. Research methodology

In this study, a dataset was conducted based on the morphological measurements of the locomotory limbs of the giraffid fossils from the Maragheh Formation. This dataset was combined with the dataset that was collected from the giraffid fossils of Turkey and Spain. In order to have a better understanding about the similarity and relations of the Late Miocene giraffid and also have a comprehensive paleoecological and paleogeographical interpretation, the dataset was subjected to multivariate analysis such as principal component analysis (PCA) and cluster analysis (CA) using the PAST software (Hammer et al., 2001; Hammer and Harper, 2006).

3. Results and Discussions

This study employs a quantitative approach using multivariate analysis to investigate the relations between the Late Miocene giraffids species from the Maragheh region (Mordagh, Aliabad, and Ghizgin in the east of Maragheh), Turkey (Kavakdereh), and Spain (Batallones). A dataset, which was based on the biometric measurements of the giraffid locomotory limbs including the astragalus, calcaneus, metacarpal, and metatarsal was subjected to the PCA and CA analysis.

The result of PCA analysis for the astragalus data shows similarities between the specimens of Maragheh (*Samotherium boissieri* and *Honanotherium bernori*) and Turkey (*Alcicephalus neumayri*). Also, there is a close relation between *Helladotherium duvernoyi* from the Kavakdereh region of Turkey with *Alcicephalus neumayri* from Maragheh. The result of PCA analysis is consistent with the result of CA analysis, which shows a high similarity between the specimens from the Kavakdereh region of Turkey (*Helladotherium duvernoyi*), the specimens of Maragheh (*Samotherium boissieri*) and the specimens of China (*Honanotherium schlosseri*).

Based on the result of PCA analysis on calcaneum data, four groups can be identified. Group A includes the species from Aliabad region of Maragheh (*Palaeotragus microdon*) and the species from Spain (*Samotherium mongoliense*). Group B involves the species from the Aliabad region of Maragheh (*Giraffa camelopardalis*) and the species from Spain (*Decennatherium crusafonti*). Group C includes the species of Maragheh (*Samotherium boissieri*) and the species from Spain (*Decennatherium pachecoi*). Group D includes the species from Maragheh (*Samotherium boissieri*) and the species from the Kavakdereh region of Turkey (*Samotherium boissieri*). The specimens (*Honanotherium schlosseri*) from China show no similarity with other specimens. The result of the CA analysis of calcaneum data also indicates close relations between the species of Maragheh with those from Spain.

The results of PCA and CA analysis based on the metatarsal data for the specimens of Maragheh (*Samotherium boissieri*) and the specimens from the Kavakdereh region of Turkey (*Helladotherium duvernoyi* and *Bramatherium perimense*) show no close relations between them. The specimens from the Kavakdereh region of Turkey (*Helladotherium duvernoyi* and *Bramatherium perimense*) are grouped together and show no similarity with the specimen from Maragheh (*Samotherium boissieri*) as they are separated from them. The lack of similarity between the metatarsal of Maragheh and Turkey specimens might be related to the lack of fossil specimens and insufficient fossil data. Further research can provide an insight to have a better understanding about their phylogenetic and paleogeographic implication.

4. Conclusion

The results of multivariate analysis (PCA and CA) based on the data obtained from the locomotory limbs of giraffid fossils including astragalus, calcaneum, and metapodials

show a strong similarity between the specimens from the Maragheh region with those specimens from the Kavakdereh region of Turkey and the Batallones region of Spain, which are located at the same latitudes (30-40 degrees). Similarity of the fossil fauna from Maragheh with other mammals

indicates evolutionary relations between these terrestrial mammals (Pikermian fauna) and also their adaptation to a large ecological savannah environment from the Maragheh region to the east of the Mediterranean region and Balkans during the Late Miocene (Turolian).

آنالیز ریخت‌سنجی زرافه‌های میوسن پسین منطقه مراغه و ارتباط آن‌ها با فسیل‌های یافت شده از ترکیه و اسپانیا

 اکبر سهرابی^{۱*}
^۱ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

چکیده

منطقه فسیلی مراغه در شمال‌باختر ایران با داشتن گونه‌های فسیلی فراوان و متنوع یکی از باارزش‌ترین مناطق فسیلی مهره‌داران جهان به‌شمار می‌آید. سازند مراغه با سن میوسن پسین در دامنه کوه سه‌سند گستردگی دارد و شامل فسیل‌های گوناگونی از پستانداران مانند اسب، زرافه، کرگدن، آهو، و خرطوم‌داران می‌باشد. یکی از فسیل‌هایی که در منطقه مراغه از فراوانی و تنوع گونه‌ای زیادی برخوردار است، فسیل زرافه‌هاست که اهمیت زیادی در مطالعات دیرینه‌جغرافیایی و دیرینه‌بوم‌شناسی (پالئو اکولوژیکی) دارد. در این مطالعه، یک مجموعه داده بر اساس اندازه‌گیری ریخت‌سنجی (مورفومتريک) اندام‌های حرکتی زرافه‌های میوسن پسین منطقه مراغه و داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به اندام‌های حرکتی زرافه‌های میوسن پسین مناطق ترکیه و اسپانیا تهیه گردید. به منظور بررسی روابط دیرینه‌جغرافیایی و دیرینه‌بوم‌شناسی بین فسیل‌های زرافه مورد مطالعه، مجموعه داده با استفاده از تحلیل‌های چند متغیره مورد تحلیل دقیق قرار گرفت. بر اساس نتایج به‌دست آمده از آنالیزهای مولفه اصلی (PCA) و آنالیزهای خوشه‌ای (CA)، نمونه‌های فسیلی منطقه مراغه شباهت بالایی با نمونه‌های فسیلی مناطق ترکیه و اسپانیا نشان می‌دهند. این ارتباط ریخت‌شناختی نزدیک بین فسیل‌های مراغه با دیگر فسیل‌های مورد مطالعه، نشانگر وجود یک محیط بوم‌شناختی با جانوران مشابه در عرض‌های جغرافیایی یکسان در زمان تورولین می‌باشد.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها:

پستانداران

میوسن پسین

ریخت‌سنجی

آنالیزهای چند متغیره

دیرینه‌بوم‌شناسی

۱- پیش‌نوشتار

شهر مراغه بخشی از استان آذربایجان شرقی در شمال‌باختر ایران می‌باشد که در دامنه کوه سه‌سند قرار گرفته است. این منطقه به جهت منحصر به‌فرد بودن از دیرباز مورد توجه بسیاری از دانشمندان دنیا بوده است. طبقات رسوبی منطقه مراغه برای بیش از یک قرن و نیم به عنوان تنها مکان حاوی فسیل مهره‌داران در ایران شناخته شده بود. با توجه به فراوانی و تنوع فسیل مهره‌داران و همچنین حفظ‌شدگی بالای فسیلی، می‌توان از منطقه فسیلی مراغه به عنوان یک Lagerstätte (فسیل‌شدگی استثنایی) واقعی نام برد. در اواخر میوسن، مجموعه‌های پستاندار بزرگی در اوراسیا چیره بودند که از آن با نام زیست‌بوم پیکرمین (Pikermian Biome) یاد می‌شود و با حضور خانواده‌های Equidae, Bovidae, Felidae, Hyainidae, Rhinocerotidae, Giraffidae می‌شوند (Bernor et al., 1996; Mirzaie Ataabadi et al.).

(2013). برخلاف زیست‌بوم کنونی که در آن گاوها و سرویدها (cervids) چیره می‌باشند، زرافه‌ها در زیست‌بوم (بیوم) دیرینه میوسن حضور فراوان‌تری داشتند (Bernor, 1984; Solounias et al., 1999, 2010; Kostopoulos, 2009; Eronen et al., 2010; Mirzaie Ataabadi et al., 2009). زرافه‌ها در اواخر میوسن به‌طور شایان توجهی متنوع شدند و بیشتر در اوراسیا و آفریقا یافت می‌شدند.

در طی دوره‌های گذشته، مطالعات گوناگونی بر روی زیستار (fauna) مراغه انجام گرفته و پژوهشگران مختلفی آن‌ها را به صورت سیستماتیک، کروئولوژیکی، و زیستی-جغرافیایی با زیستار دیگر مناطق دنیا مانند پیکرمی (Pikermi) و ساموس (Samos) در یونان مقایسه کرده‌اند (Abich, 1858; Brandt, 1870; Grewingk, 1881; Kittl, 1887; Rodler and Weithofer, 1890; Erdbrink, 1976a, b, 1978).

* نویسنده مسئول: اکبر سهرابی؛ E-mail: ak.sohrabi@tabrizu.ac.ir

ماخذنگاری:

سهرابی، ا.، ۱۴۰۴، آنالیز ریخت‌سنجی زرافه‌های میوسن پسین منطقه مراغه و ارتباط آن‌ها با فسیل‌های یافت شده از ترکیه و اسپانیا. فصلنامه علمی علوم زمین، ۳۵ (۴)، ۱۳۸-۱۵۰. <https://doi.org/10.22071/gsj.2025.537583.2214>

doi: 10.22071/gsj.2025.537583.2214

dor: 20.1001.1.10237429.1404.35.4.8.5

حقوق معنوی مقاله برای فصلنامه علوم زمین و نویسندگان مقاله محفوظ است.



This is an open access article under the by-nc/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

بالایی را نشان می‌دهند و از اهمیت خاصی در مطالعات فیلوژنتیکی و دیرینه‌بوم‌شناسی برخوردار می‌باشند. در این مطالعه از روش‌های کمی جهت بررسی ارتباط بین زرافه‌های میوسن پسین منطقه مراغه با سایر فسیل‌های هم‌سن در دیگر مناطق جهان استفاده گردید. در این روش، مجموعه داده به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌های ریخت‌شناختی (مورفومتريک) اندام‌های حرکتی زرافه‌های مناطق مراغه، ترکیه، و اسپانیا با استفاده از تحلیل‌های چند متغیره مورد تجزیه و تحلیل دقیق قرار گرفت. نتایج حاصل از روش‌های چند متغیره، اطلاعات جامع‌تری در مورد ارتباط بین زرافه‌های منطقه مراغه با مناطق ترکیه و اسپانیا ارائه می‌دهند. با تفسیر این داده‌ها می‌توان شناخت بهتری در مورد دیرینه بوم‌شناسی و محیط دیرینه منطقه فسیلی مراغه و همچنین مسیر مهاجرتی پستانداران در زمان میوسن پسین به‌دست آورد.

محدوده مورد مطالعه در دامنه جنوبی کوه‌های سهند و خاور مراغه بین طول‌های جغرافیایی ۳۰° و ۲۳° و ۴۶° و عرض‌های جغرافیایی ۷۷° و ۲۰° شمالی واقع است. طبقات رسوبی مراغه روی دامنه‌های کمپلکس آتشفشانی سهند با ساختارهای پیچیده و بزرگ واقع شده است. رسوبات میوسن بالایی مراغه، شامل توالی‌های رسوبی متشکل از سنگ‌های خرد شده آتشفشانی و رسوبات آذرآواری (پیرو کلاستیک) پایه‌ای است که در بخش جنوبی و خاوری توده آتشفشانی سهند دیده می‌شوند. شکل ۱ موقعیت مکانی مراغه و مناطق فسیلی در دامنه سهند را نشان می‌دهد (Mirzaie Ataabadi et al., 2013; Sawada et al., 2016; پریزاد، ۱۳۹۸).

منطقه مراغه در استان آذربایجان شرقی به سبب دارا بودن یکی از غنی‌ترین فسیل‌های پستانداران میوسن در باختر آسیا، که به عنوان زیستارن پیکرمی (Pikermian Fauna) نیز شناخته می‌شوند، مشهور است. وسعت منطقه مورد مطالعه حدود ۴۰۰۰۰ هکتار است و منطقه اثر طبیعی- ملی فسیلی مراغه با مساحت ۱۹۲۶ هکتار توسط شورای عالی حفاظت محیط زیست در سال ۱۳۸۴ تصویب شد. مناطق فسیلی مراغه عمدتاً میان روستاهای مردق، کرج‌آباد، شلیلوند، و علی‌آباد قرار دارند. بسیاری از پژوهشگران سازند مراغه را از مناطق مهم حاوی فسیل مهره‌داران به‌ویژه پستانداران در اوراسیا می‌دانند که به‌عنوان یکی از حلقه‌های ارتباطی زیستارن ساوانا (۷-۹/۵ میلیون سال قبل) و به سبب شباهت با زیستارن اروپا شایان اهمیت دیرینه‌بوم‌شناسی و دیرینه جغرافیایی می‌باشد. سازند مراغه در دامنه سهند دارای گسترش زیادی می‌باشد به گونه‌ای که تا تبریز، میانه، بستان‌آباد، و اطراف شهر مراغه را در برمی‌گیرد.

گستره آذربایجان به دلیل پیچیدگی‌های فراوانی که از نظر زمین‌ساختی، رسوب‌گذاری، ماگماتیسم و دگرگونی دارد، اغلب در رده‌بندی‌های زمین‌ساختی ایران جایگاه متفاوتی را به خود اختصاص داده است. حوضه مراغه از شمال به گسل آناطولی با روند شمال‌باختری به جنوب‌خاوری که به گسل تبریز نیز معروف است، از باختر به گسل ارومیه-زرنه رود با گرایش شمال به جنوب، و از جنوب به گسل زاگرس محدود می‌شود. از نظر منطقه‌ای، حوضه مراغه و گسل‌های مرتبط با آن در جنوب و باختر تحت تسلط پهنه خرد شده زاگرس قرار دارند. همچنین کمر بند آتشفشانی ارومیه - بزمان (ارومیه- دختر) در شمال‌خاوری و کمر بند دگرگونی سنندج- سیرجان در جنوب باختری قرار دارند (شکل ۲). به نظر می‌رسد که کمر بند آتشفشانی ارومیه - بزمان با روند شمال‌باختری- جنوب‌خاوری ناشی از برخورد صفحات عربی و ایران باشد (Davoudzadeh et al., 1997). چنین فعالیت‌های زمین‌ساختی در طی میوسن پسین، چرخه‌های فرسایشی جدیدی را ایجاد کردند و حوضه‌های محلی را با نهشته‌های رودخانه‌ای و دریاچه‌ای پر کردند (آق‌ناباتی، ۱۳۸۳). یکی از این حوضه‌های محلی، حوضه مراغه است که رسوبات آذرآواری در آن انباشته شد و باعث حفظ‌شدگی فسیل‌های پستانداران منطقه مراغه گردید (Mirzaie Ataabadi et al., 2013). حوضه‌های دیگر در منطقه تبریز توسط نهشته‌های رودخانه‌ای و دریاچه‌ای با ماهی‌های آب شیرین و بقایای اندکی از پستانداران پر شده است (Bernor, 1986).

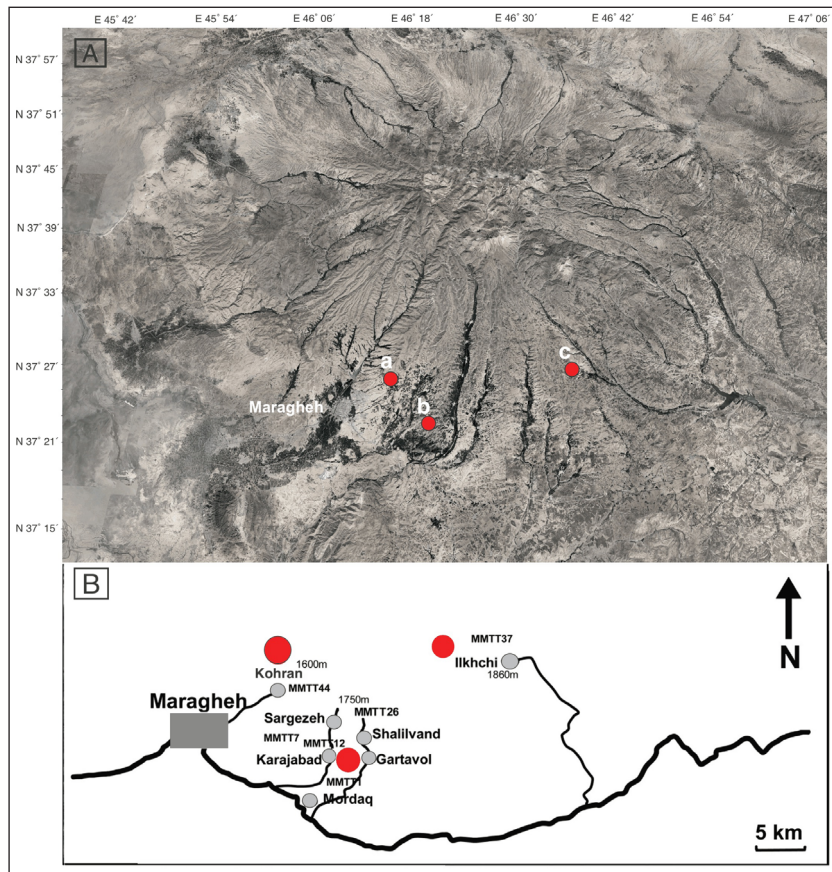
(Erdbrink et al., 1976; Bernor et al., 1996). نخستین بار در سال ۱۸۴۰، یک کاشف روسی به نام خانکوف (Khanikoff)، سایت مراغه را کشف کرد و مجموعه کوچکی را به دانشگاه دورپات (دانشگاه تارتو، استونی کنونی) فرستاد. فسیل‌های مراغه در نیمه دوم قرن نوزدهم مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج این تحقیقات اولیه، اطلاعات مهمی در مورد شباهت فسیل‌های مراغه به فسیل‌های منطقه پیکرمی یونان ارائه کرد (Abich, 1858; Brandt, 1870; Grewingk, 1881). در سال ۱۸۸۶ یک دیرینه‌شناس اتریشی به نام پوهلیگ (Pohlig) نخستین مجموعه جامع و مطالعه زمین‌شناسی مراغه را انجام داد (Pohlig, 1886). این مجموعه فسیلی به‌دست آمده در موزه Naturhistorisches وین به عنوان یک مجموعه اولیه فوق‌العاده که بیشتر اطلاعات محلی را حفظ می‌کند، نگهداری می‌شود. دو دیرینه‌شناس اتریشی دیگر به نام‌های کیتل (Kittel) و رادلر (Rodler) از مراغه بازدید کردند و مجموعه گسترده‌ای از فسیل‌ها را جمع‌آوری کرده و مورد مطالعه قرار دادند (Kittel, 1887; Rodler and Weithofer, 1890). در طول دهه ۱۹۷۰، سه گروه علمی در مراغه شامل یک گروه ترکیبی هلندی- آلمانی به رهبری ادبرینک (Erdbrink, 1976a, 1976b)، یک گروه مشترک از دانشگاه کیوتو و تیم سازمان زمین‌شناسی ایران به سرپرستی کامی (Kamei et al., 1977; Watabe and Nakaya, 1991a, 1991b)، و یک هیئت اعزامی دریاچه رضائیه (LRE) به سرپرستی کمپل (Campbell) (Campbell et al., 1980)، بررسی گسترده‌ای از زیستارن و مقایسه سیستماتیک، کروئولوژیکی، و جغرافیایی زیستی با مناطق پیکرمی و ساموس انجام دادند (Bernor et al., 1996).

پس از یک وقفه طولانی در فعالیت‌های کاوش فسیلی در منطقه مراغه، اداره محیط زیست ایران و موزه ملی تاریخ طبیعی حفاری‌های جدیدی را در این منطقه آغاز کردند و ۱۰ کیلومتر مربع از منطقه فسیلی مراغه را به عنوان منطقه حفاظت شده ملی معرفی کرده و یک موزه و ایستگاه تحقیقاتی در این منطقه ایجاد کردند. طی یک همکاری بین موزه ملی تاریخ طبیعی و دانشگاه هلسینکی، که به‌عنوان اکسپدیشن بین‌المللی پالئوبیولوژی سهند (INSPE) شناخته می‌شود سه فصل عملیات صحرایی بین سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۹ انجام شد و چندین محل جدید و فسیل‌های متعدد کشف گردید. طی سال‌های اخیر پژوهش‌های بیشتری بر روی فسیل‌های منطقه مراغه، ورزقان، و منطقه ایوند در اطراف تبریز انجام گرفته است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعات پورابریشمی (پورابریشمی، ۱۳۸۴)، مطالعات سهرابی (سهرابی، ۱۳۸۷) و برنور و همکاران (Bernor et al., 2016) بر روی اسب‌های هیپاریون مناطق ورزقان و مراغه در آذربایجان شرقی، مطالعات میرزایی عطاآبادی بر روی پستانداران منطقه ایوند در آذربایجان شرقی (Mirzaie Ataabadi et al., 2011) و مطالعات پریزاد بر روی زرافه‌های منطقه مراغه (پریزاد، ۱۳۹۸) اشاره کرد.

منطقه فسیلی مراغه، که به عنوان یکی از ۵ منطقه مهم فسیل مهره‌داران در دوران سنوزویک شناخته می‌شود، فسیل‌های غنی‌تر و متنوع‌تری نسبت به سایر سایت‌های فسیلی مانند یونان و ترکیه دارا می‌باشد. از اهمیت منطقه فسیلی مراغه می‌توان به تنوع بالای گونه‌زایی فسیل پستانداران میوسن پسین، و تراکم بالای نمونه‌های فسیلی، که به صورت عدسی‌های فسیلی با حفظ‌شدگی بسیار بالا قرار گرفته‌اند، اشاره کرد. با قرار گرفتن منطقه فسیلی مراغه در مسیر مهاجرتی پستانداران دوران سنوزویک مابین آسیای شرقی، آفریقا، و اروپا، این منطقه اهمیت ویژه‌ای در مطالعات دیرینه بوم‌شناسی و دیرینه جغرافیایی اوراسیا دارا می‌باشد.

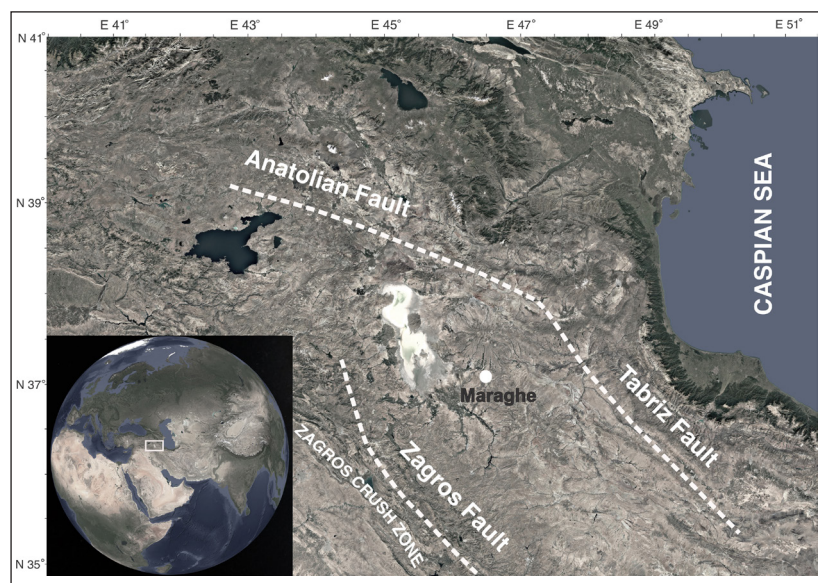
با توجه به این که دیرینه‌شناسی به طور سنتی یک علم کیفی بوده است، بیشتر مطالعاتی که بر روی مهره‌داران انجام یافته است، مبتنی بر رویکردهای توصیفی و کیفی بوده است. در کنار مطالعات کیفی، انجام مطالعات کمی ضروری می‌باشد و سبب می‌شود تا درک و شناخت بهتر و جامع‌تری در مورد روابط فیلوژنتیکی، دیرینه جغرافیا، دیرینه بوم‌شناسی، و روند تکاملی جانداران داشته باشیم.

در میان فسیل‌های یافت شده در منطقه مراغه، فسیل‌های زرافه تنوع و فراوانی



شکل ۱- A) نقشه منطقه مراغه و محل قرار گیری مناطق فسیلی مراغه در دامنه کوه سهند، a: شامل قسمت‌های زیرین سایت‌های فسیلی مراغه، b: شامل قسمت‌های میانی سایت‌های فسیلی مراغه، c: شامل قسمت‌های بالایی سایت‌های فسیلی مراغه. B) موقعیت جغرافیایی مناطق فسیل‌دار (سایت‌های MMTT) و ارتفاعات آن‌ها، که موقعیت سایت‌های فسیلی مورد مطالعه مربوط به فسیل‌های زرافه (دایره‌های قرمز) را نشان می‌دهد. (برگرفته از میرزایی عطاآبادی و همکاران - Mirzaie Ataabadi et al., 2013 و پریزاد و همکاران - Parizad et al., 2019).

Figure 1- A) Map of the Maragheh region and the location of the Maragheh fossil sites in the slope of the Sahand Mountain, a: includes the lower parts of the Maragheh fossil sites, b: Includes the middle parts of the Maragheh fossil sites, c: Includes the upper parts of the Maragheh fossil sites. B) The geographic position of the fossil sites (MMTT sites) and their elevations, showing the locations of studied fossil sites related to giraffid fossils (red circles) (after Mirzaie Ataabadi et al., 2013; Parizad et al., 2019).



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مراغه و ارتباط آن با ویژگی‌های اصلی زمین‌ساختی در شمال باختر ایران (تغییر یافته از میرزایی عطاآبادی و همکاران - Mirzaie Ataabadi et al., 2013، هابر - Huber, 1976 و دیوی و همکاران - Dewey et al., 1973).

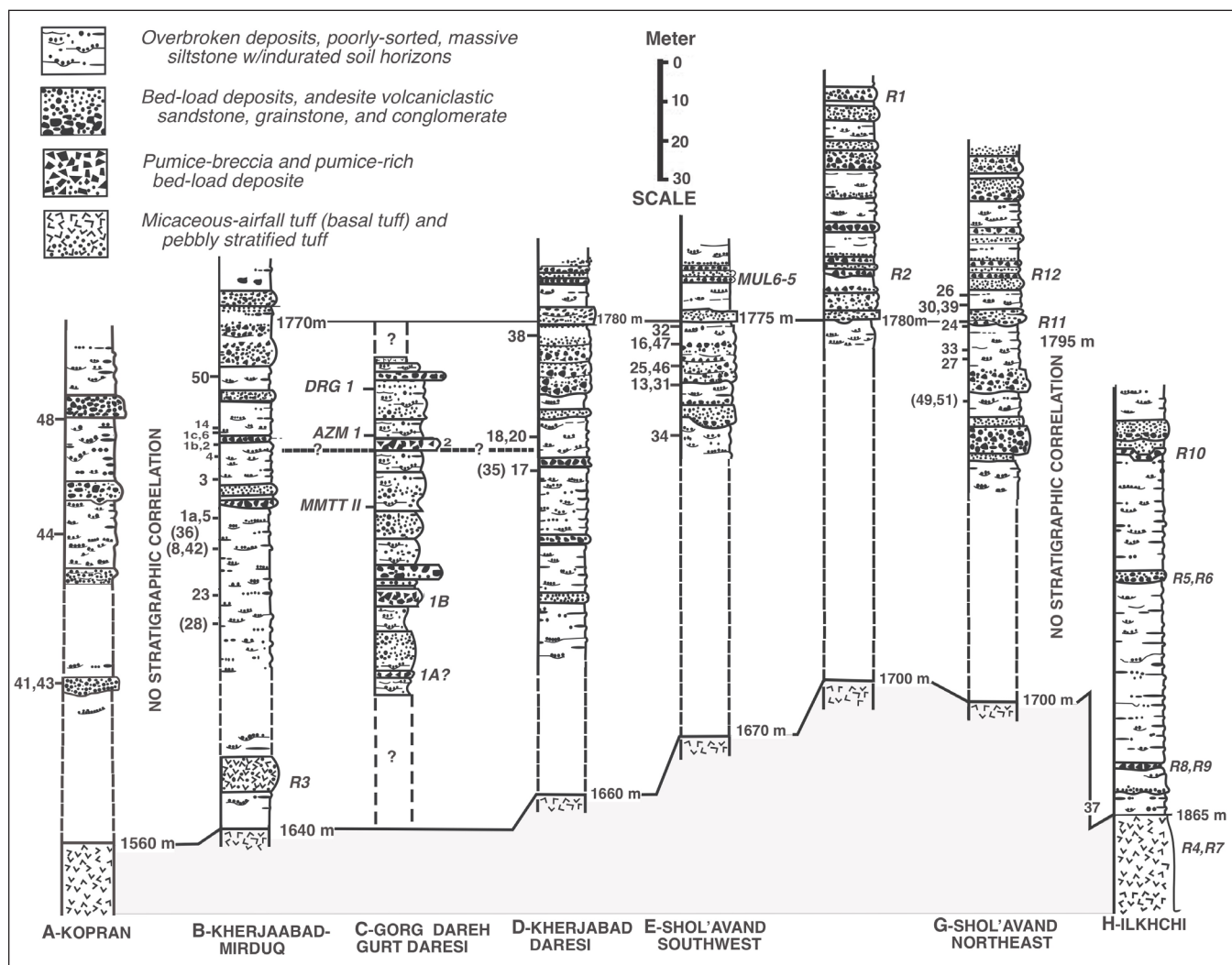
Figure 2. Geographical location of the Maragheh region and its relations to the main tectonic features in northwestern Iran (modified from Mirzaie Ataabadi et al., 2013; Dewey et al., 1973; Huber, 1976).

فسیل‌دار در ۲ تا ۶ افق فسیلی در بخش زیرین سازند مراغه قرار دارند (Campbell et al., 1980; Bernor, 1986). طبقات رسوبی مربوط به بخش بالایی سازند مراغه که در بین بخش شمال‌باختری کوه سهند و شهر تبریز واقع شده است، برخلاف آن چه که در طبقات استخوان‌دار زیرین مراغه دیده می‌شود، فاقد فسیل پستانداران می‌باشد. عضو بالایی حاوی دیاتومیت و آثار فسیل ماهیان می‌باشد و لایه‌های توفی در این عضو افزایش می‌یابند (Campbell et al., 1980; Bernor, 1986) (شکل ۳).

فسیل‌های مهره‌داران به سبب قرار گرفتن در رسوبات گل‌سنگی توالی آذرآواری سهند به خوبی حفظ شده‌اند. در نهشته‌های آذرآواری جنوب سهند، افق‌های فسیل‌دار مهره‌داران به صورت ساختارهای عدسی شکل یافت می‌شوند. در برخی نقاط، این ساختارهای عدسی شکل، غنی از فسیل مهره‌داران می‌باشند ولی در برخی از مناطق در همان سطح، مقادیر بسیار کمی از فسیل‌های مهره‌دار یافت می‌شود که می‌تواند در ارتباط با شدت جریان حمل‌کننده آن‌ها و زون تجمع فسیل‌ها باشد.

سازند مراغه به دلیل دارا بودن مجموعه‌ای غنی از فسیل پستانداران همراه با مجموعه‌های مشابه موجود در پیکر می و ساموس در یونان، از شناخته‌شده‌ترین نمونه‌های کلاسیک حاوی فسیل پستانداران میوسن بالایی اوراسیا می‌باشند. تاکنون بیش از ۵۰ جنس و گونه متعلق به ۱۶ خانواده از فسیل‌های پستانداران در منطقه مراغه یافت شده است (رجوع شود به شکل ۳) (Erdbrink et al., 1976; Campbell et al., 1980; Bernor, 1986; Mirzaie Ataabadi et al., 2013).

توالی رسوبی سازند مراغه در قسمت جنوبی توده آتشفشانی کوه سهند انباشته شده است. نهشته‌های میوسن پسین حوضه مراغه از یک توالی ستر از لایه‌هایی آتشفشانی آواری با واحد آذرآواری پایه تشکیل شده است. کامی و همکاران (Kamei et al., 1977) کل توالی میوسن پسین با سترای ۵۰۰-۶۰۰ متر را سازند مراغه نامید. آن‌ها این سازند را به یک عضو فسیلی پایین‌تر (۱۶۰ متر) و یک واحد غیرفسیلی بالایی تقسیم کردند. کمپبل و همکاران (Campbell et al., 1980) سازند مراغه را به قسمت‌های آتشفشانی و فسیلی در ۳۰۰ متری پایین محدود کردند. آن‌ها همچنین یک واحد آذرآواری پایه به‌عنوان سازند توف پایه‌ای مشخص کردند. از این‌رو، توالی فسیلی حوضه مراغه به ۱۵۰ متر پایینی سازند مراغه محدود می‌شود. سطح بالایی سازند مراغه، فرسایشی با پوشش محلی پلیوسن-کواترن از شن‌های به شدت اکسید شده، برش‌های پوکه، و خاک‌های دانه درشت است. سترای بالای این افق‌ها در جنوب سهند بیش از ۳۵۰ متر می‌باشد، اما سترای آن‌ها در مناطق نزدیک به گسل آناتولی به ۱۰۰۰ متر می‌رسد (Bernor et al., 1980). در قسمت پایه‌ای، توف ریولیتی خاکستری به سترای بیش از ۸۰ متر قرار گرفته است که به صورت یکنواخت، بدون لایه‌بندی، و بدون ساختار است و حاوی بلورهای میکا و قطعات تازه‌ای از فلدسپار و کوارتز می‌باشد (Campbell et al., 1980; Bernor et al., 1980). عضو زیرین در دره گرگ در روستای مردق، شامل تناوبی از مارن، توف، ماسه سنگ توفی، و گاهی لایه‌هایی از ماسه کنگلومرایی می‌باشد. طبقات



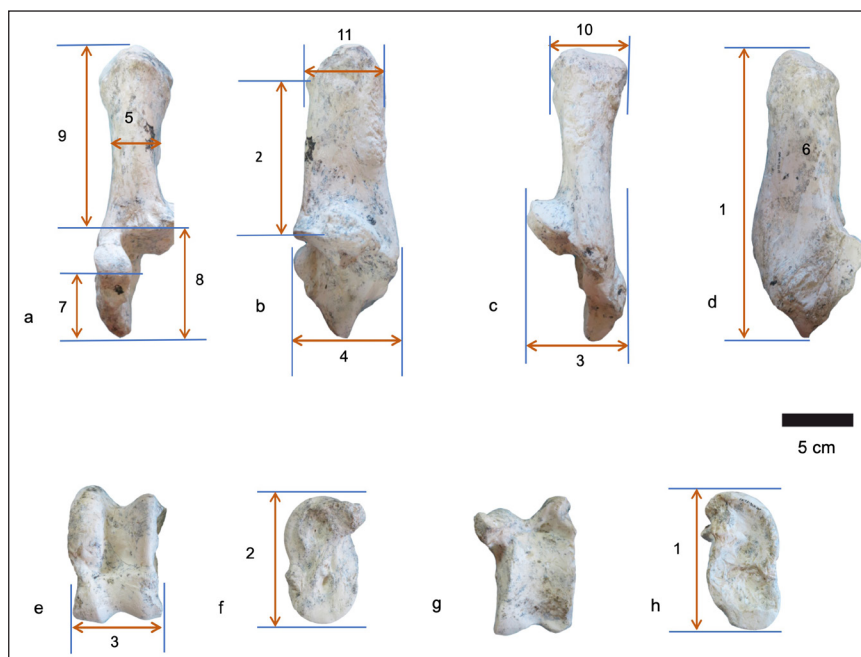
شکل ۳- چینه‌شناسی سازند مراغه (برگرفته از میرزایی عطاآبادی و همکاران - Mirzaie Ataabadi et al., 2013).

Figure 3. Stratigraphy of the Maragheh Formation (after Mirzaie Ataabadi et al., 2013).

۲- روش پژوهش

(مورفولوژیکی) با استفاده از کولیس دیجیتال و مطابق با روش مورد استفاده کاستاپولس (Kostopoulos, 2009) بر روی نمونه‌های فسیلی انجام گرفت (رجوع شود به شکل‌های ۴ و ۵) و یک مجموعه داده زیست‌سنجی (Biometric) ایجاد گردید. در این مطالعه، بسته نرم‌افزاری PAST (Hammer et al., 2001; Hammer and Harper, 2006) که برای تجزیه و تحلیل داده‌های دیرینه‌شناسی توسعه یافته است، استفاده گردید.

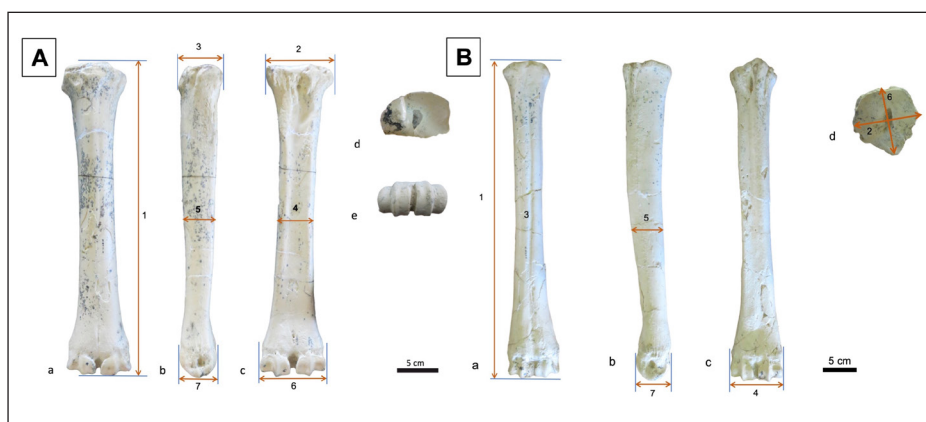
در این پژوهش، جهت مطالعه فسیل مهره‌داران ابتدا مراحل مقدماتی شامل مطالعات اولیه، گردآوری اطلاعات، و بررسی مقاله‌های پیشین انجام گرفت. با توجه به این که بیشتر نمونه‌های فسیلی پیش‌تر توسط پژوهشگران در اداره محیط زیست مراغه حفاری و استخراج شده و به آزمایشگاه منتقل شده بودند، از این رو، نمونه‌ها در آزمایشگاه آماده‌سازی و توسط دوربین دیجیتال Canon EOS از آنها عکس‌برداری شد. در مرحله بعد، اندازه‌گیری ریخت‌شناختی



شکل ۴- اندازه‌گیری مربوط به کالکانوم و استراگالوس (برگرفته از ریوس و همکاران - Rios et al., 2017):

a-d (calcaneum): a: dorsal view (نمای پشتی), b: medial view (نمای میانی), c: plantar view (نمای کفی), d: lateral view (نمای جانبی).
e-h (astragalus): e: dorsal view (نمای پشتی), f: medial view (نمای میانی), g: plantar view (نمای کفی), h: lateral view (نمای جانبی).

Figure 4. Measurements of calcaneum and astragalus (after Rios et al., 2017).



شکل ۵- اندازه‌گیری مربوط به (A) متاکارپ و (B) متاتارس (برگرفته از ریوس و همکاران - Rios et al., 2017).

A (metacarp): a: dorsal view (نمای پشتی), b: medial view (نمای میانی), c: plantar view (نمای کفی), d: proximal view (نمای دور از مرکز), e: distal view (نمای نزدیک به مرکز).
B (metatars): a: dorsal view (نمای پشتی), b: medial view (نمای میانی), c: plantar view (نمای کفی), d: proximal view (نمای نزدیک به مرکز).

Figure 5. Measurements for A: Metacarpus and B: Metatarsus (after Rios et al., 2017).

m22, m23, m24, m25, m27, m28, m29 (نمونه‌های مراغه بر اساس حرف اول منطقه مراغه (m) و تعداد نمونه‌های مورد مطالعه از ۱ تا ۲۹ شماره گذاری شدند).

با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از نمونه‌های منطقه مراغه و همچنین داده‌های گردآوری شده از نمونه‌های مناطق ترکیه و اسپانیا، یک مجموعه داده برای این مطالعه تکمیل گردید (رجوع شود به جدول‌های ۱ تا ۴).

فسیل‌های کشف شده در منطقه مورد مطالعه مربوط به اندام‌های حرکتی فسیل زرافه (metapod) (شکل‌های ۶ و ۷) می‌باشند که عبارتند از یک فسیل استخوان قلمی کف پای عقب یا متاتارس (metatars) M312=m12، سه فسیل استخوان قلمی کف پای جلو یا متاکارپ (metacarp) m11, m13, m30، یازده فسیل قوزک پا یا استراگالوس (astragalus) m14, m15, m16, m17, m18, m19, m20, m21, m26، و هفت فسیل پاشنه یا کالکانوم (calcaneum) MMTT 2448, MMTT 49A.



شکل ۶- A و B) متاکارپ مربوط به *Samotherium boissieri* از مراغه؛ C و D) متاتارس مربوط به *Samotherium boissieri* از منطقه مراغه (مقیاس ۵ سانتی‌متر است).

Figure 6-A and B) Metacarpus of *Samotherium boissieri* from Maragheh; C and D) Metatarsus of *Samotherium boissieri* from Maragheh (scale is 5 cm).



شکل ۷- A) کالکانوم و B) استراگالوس مربوط به *Samotherium boissieri* از منطقه مراغه (مقیاس ۳ سانتی‌متر است).

Figure 7- A) Calcaneum and B) Astragalus of *Samotherium boissieri* from the Maragheh region (scale is 3 cm).

جدول ۱- داده‌های مربوط به اندازه‌گیری نمونه‌های استراگالوس (اندازه‌ها به سانتی متر می‌باشند).

Table 1. Measurement data for astragalus specimens (dimensions are in centimeters).

Astragalus Specimens	Taxon	Locality	Llat	Lmed	TDdis
m14	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	10.2	8.8	7.2
m15	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	8.3	6.9	5.07
m16	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	8.4	7.4	5.5
m17	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	8.3	7.2	6.2
m18	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	8.9	7.6	5.9
m19	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	8.1	6.8	4.4
m20	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	7.9	7.3	6.5
m21	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	7.7	6.5	5.6
m22	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	8.4	7.2	5.1
PV-157	<i>Helladotherium duvernoyi</i>	Kavakdereh	11.02	9.08	6.97
PV-158	<i>Helladotherium duvernoyi</i>	Kavakdereh	11.45	9.94	7.65
MMTT 2448	<i>Honanotherium bernori</i>	Maragheh	8.81	7.6	5.52
MMTT 49A	<i>Honanotherium bernori</i>	Maragheh	9.88	8.1	6.57
PV-235	<i>Alcicephalus neumayri</i>	Kavakdereh	10.06	8.52	6.55
NHWW 2019/0018/0001	<i>Alcicephalus neumayri</i>	Maragheh	10.09	9.02	6.5
NHWW 2019/0018/0002	<i>Alcicephalus neumayri</i>	Maragheh	9.85	8.57	6.63
NHWW 2019/0018/0003	<i>Alcicephalus neumayri</i>	Maragheh	10.55	9.32	6.84
NHWW 2019/0018/0004	<i>Alcicephalus neumayri</i>	Maragheh	9.72	8.73	5.92

جدول ۲- داده‌های مربوط به اندازه‌گیری نمونه‌های کالکانوم (اندازه‌ها به سانتی متر می‌باشند).

Table 2. The measurement data of calcaneum specimens (dimensions are in centimeters).

Calcaneum Specimens	Taxon	Locality	Hmax	Hmin	Tubercle width	TDst
m22	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	17.3	8.9	3.6	4.9
m23	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	16.5	9.2	4.8	5.6
m24	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	15.9	10.1	2.2	6.04
PV-242	<i>Samotherium boissieri</i>	Kavakdereh	15.66	10.53	—	3.89
Museum, Hooijer, 1963	<i>Giraffa camelopardalis</i>	Maragheh (Aliabad)	18.4	8.6	—	5.8
Dexter, no. 73	<i>Palaeotragus microdon</i>	Maragheh (Aliabad)	13.9	4	5.8	—
Bohlin, 1927 P- 70	<i>Giraffa</i>	Maragheh (Aliabad)	18.7	8.3	5.3	—
(1973 XXI 77)	<i>Decennatherium crusafonti</i>	Spain	19.1	7.1	5	5.1
Crusafont, 1952, p. 91	<i>Decennatherium pachecoi</i>	Spain	17.5	—	—	5.82
Bohlin, 1927, p. 118	<i>Honanotherium schlosseri</i>	China	20	—	—	8.8
Spain sample	<i>Samotherium mongoliense</i>	Spain	7.6	5.4	5.8	—

جدول ۳- داده‌های مربوط به اندازه‌گیری نمونه‌های متاکارپ (اندازه‌ها به سانتی متر می‌باشند).

Table 3. The measurement data of metacarpal specimens (dimensions are in centimeters).

Metacarpal Specimens	Taxon	Locality	L	TDprox	APDprox	TDdia
m11	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	37.1	8.9	4.5	8.1
m42	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	41.5	10.8	5.7	—
PV-154	<i>Helladotherium duvernoyi</i>	Kavakdereh	41.52	10.17	5.78	9.87
(3 ex)	<i>Palaeotragus microdon</i>	Maragheh	38.5	5.2	14.6	—
6ex	<i>Samotherium sinense</i>	Maragheh	44.5	9.5	16.8	—
1ex	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	41	9	15.2	—
5ex	<i>Alcicephalus neumayri</i>	Maragheh	—	9.5	13.9	—

جدول ۴- داده‌های مربوط به اندازه‌گیری نمونه‌های متاتارس (اندازه‌ها به سانتی‌متر می‌باشند).

Table 4. Data related to the measurement of metatarsal specimens (measurements are in centimeters).

Metatarsal Specimens	Taxon	Locality	L	TDprox	TDdia
m12	<i>Samotherium boissieri</i>	Maragheh	38.06	7.5	3.2
PV-152	<i>Helladotherium duvernoyi</i>	Kavakdereh	43.24	7.8	4.25
PV-150	<i>Bramatherium perimense</i>	Kavakdereh	48.69	9.37	5.68
PV-153	<i>Bramatherium perimense</i>	Kavakdereh	44.28	8.56	4.9

۳- داده‌ها و اطلاعات

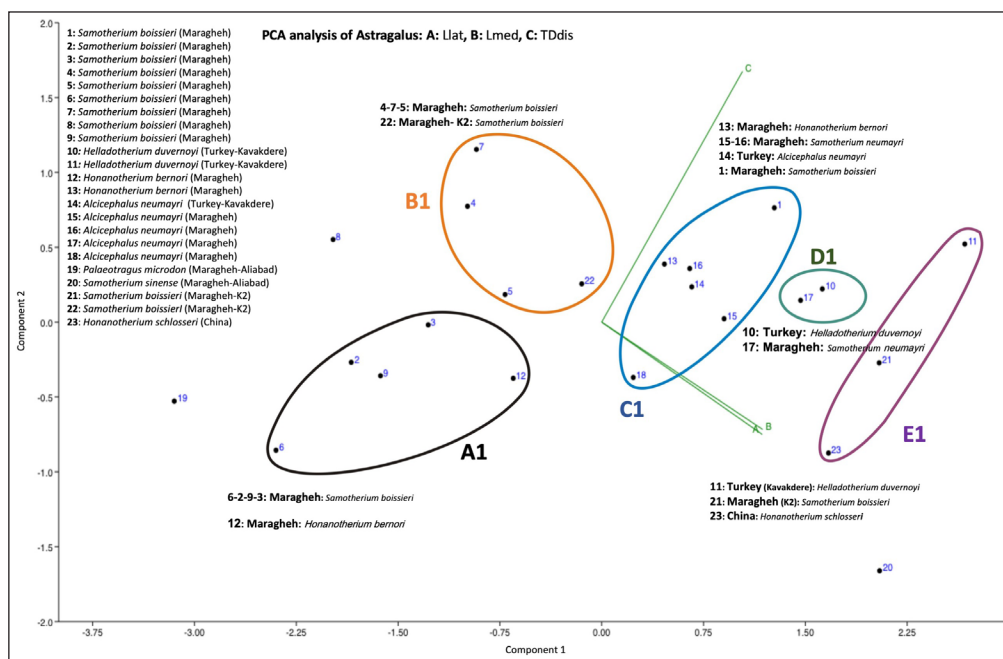
و گیزگین در شرق مراغه)، ترکیه (کاواک دره)، اسپانیا، و چین می‌باشند. به منظور بررسی روابط بین جنس‌ها و گونه‌های مختلف، و پیامدهای فیلوژنتیک و جغرافیای دیرینه آن‌ها، یک مجموعه داده مبتنی بر اندازه‌گیری این نمونه‌ها تحت آنالیز PCA قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده به عنوان اجزای اصلی ۱ (محور X) و ۲ (محور Y) به ترتیب مربوط به مقادیر ویژه (eigenvalues) ۱ و ۲ ترسیم شد.

۳-۱- نتایج آنالیزهای PCA و CA برای داده‌های استراگالوس

داده‌های رسم شده بر روی نمودار PCA بر اساس نحوه پراکندگی در امتداد سه محور A، B، و C به گروه‌های A1، B1، C1، D1، E1 مجزا شده اند (شکل ۸). همان‌گونه که در شکل ۸ مشخص می‌باشد، این نمونه‌های استراگالوس مربوط به جنس و گونه‌های *Samotherium boissieri* از مراغه (۹-۱)، *Helladotherium duvernoyi* از کاواک دره ترکیه (۱۱-۱۰)، *Honanotherium bernori* از مراغه (۱۲-۱۳)، *Alcicephalus neumayri* از کاواک دره ترکیه (۱۴)، *Alcicephalus neumayri* از مردق مراغه (۱۵-۱۸)، *Palaeotragus microdon* از علی‌آباد مراغه (۱۹)، *Samotherium sinense* از علی‌آباد مراغه (۲۰)، *Samotherium boissieri* از خاور مراغه (۲۱-۲۲) و *Honanotherium schlosseri* (۲۳) از چین می‌باشند.

مطالعه حاضر از رویکردهای کمی، از جمله تحلیل‌های چند متغیره بر اساس اندازه‌گیری‌های زیست‌سنجی فسیل زرافه‌ها (رجوع به جدول ۱)، با هدف بهبود درک ما از پستانداران میوسن منطقه مراغه، و شباهت و روابط آن‌ها با جانوران مرتبط در دیگر مناطق جهان استفاده می‌کند. تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره عمدتاً آنالیزهای مولفه‌های اصلی (Principal Component Analysis) (PCA) و آنالیز خوشه‌ای (Cluster Analysis) (CA) بر اساس اندازه‌گیری فسیل‌های مربوط به اندام‌های حرکتی زرافه‌های یافت شده در منطقه مراغه می‌باشد. برای مطالعه روند تغییرات ریخت‌شناسی، اندام‌های حرکتی زرافه‌ها در مجموعه داده‌ای از مقادیر پیوسته غیردوگانه (non-binary) جمع‌آوری شدند. تحلیل خوشه‌ای به دلیل ماهیت مجموعه داده‌ها بر اساس ضریب اقلیدسی (Euclidean coefficient) یا روش‌های وارد (Ward's methods) می‌باشد. خوشه‌های شناسایی شده در دندروگرام CA به عنوان راهنمایی برای ترسیم گروه‌های تقریباً متناظر در پراکندگی PCA عمل می‌کنند.

تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره (PCA و CA) بر اساس اندازه‌گیری‌های قسمت‌های مربوط به استراگالوس، کالکانثوم، متاکارپ، و متاتارس می‌باشد. نمونه‌های مورد استفاده شامل فسیل‌هایی از مناطق مختلف جهان مانند منطقه مراغه (مردق، علی‌آباد،



شکل ۸- نتایج آنالیز PCA برای نمونه‌های استراگالوس. محورهای A، B، و C به ترتیب مطابق با اندازه‌گیری Llat، Lmed و TDdis می‌باشند.

Figure 8. The results of PCA analysis for Astragalus samples. The vectors A, B, and C correspond to the measurements of Llat, Lmed, and TDdis, respectively.

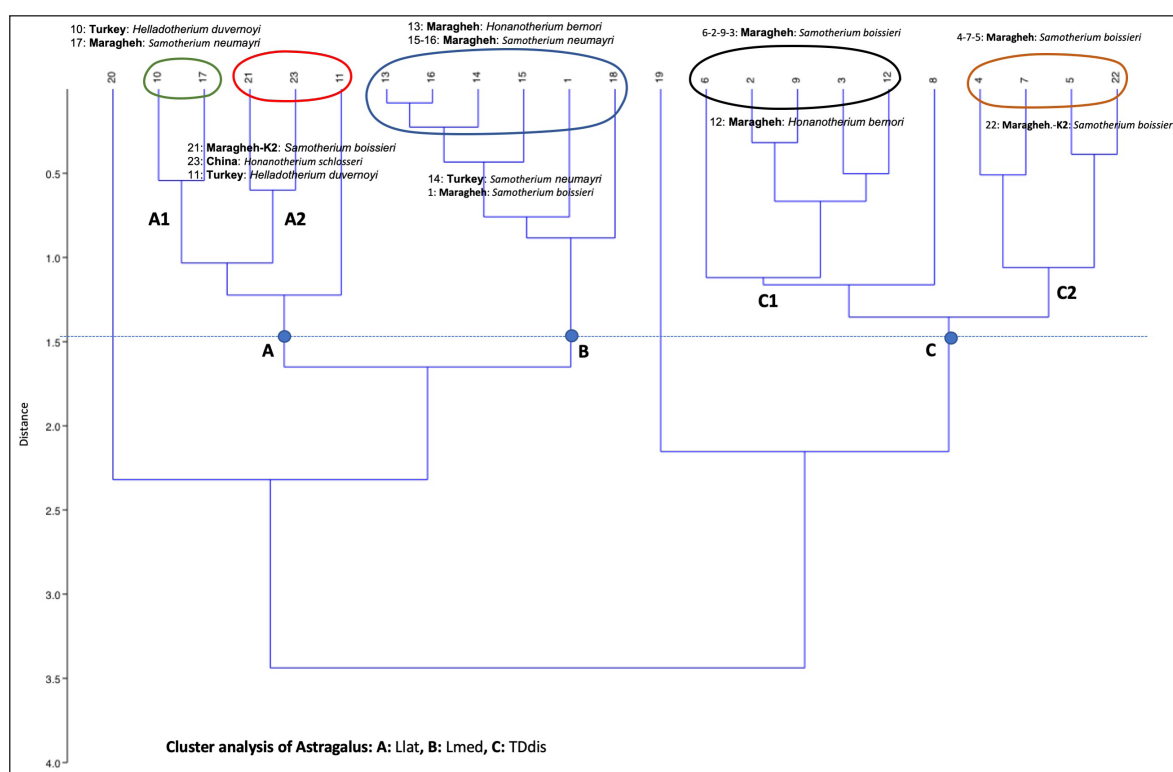
زوجی (paired group) و ضریب تشابه (euclidean similarity index) خوشه‌های مجزا را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشخص شده است، می‌توان ۵ خوشه A1، A2، B، C1، C2 را مشخص نمود.

خوشه A1 شامل نمونه مربوط به *Helladotherium duvernoyi* از منطقه کاواک دره در ترکیه و *Samotherium neumayri* از منطقه مراغه می‌باشد (شکل ۹). خوشه A2 شامل نمونه‌های *Samotherium boissieri* و *Honanotherium schlosseri* از چین و نمونه *Helladotherium duvernoyi* از کاواک دره ترکیه می‌باشد. نمونه‌های هر دو خوشه A1 و A2 با نتایج آنالیز PCA در شکل ۸ شباهت بسیار زیادی را نشان می‌دهند.

خوشه B در شکل ۹ شامل جنس‌های *Honanotherium bernori*، *Samotherium neumayri* و *Samotherium boissieri* از مراغه، و *Samotherium neumayri* از کاواک دره ترکیه می‌باشند و با گروه C1 در آنالیز PCA تشابه بالایی نشان می‌دهند. خوشه C1 شامل نمونه‌های *Samotherium boissieri* و *Honanotherium bernori* از مراغه می‌باشد که شباهت بالایی با گروه A1 در آنالیز PCA نشان می‌دهند. نمونه‌های خوشه C2 نیز شامل *Samotherium boissieri* از منطقه مردق مراغه و *Samotherium boissieri* از خاور مراغه (K2) می‌باشند.

در شکل ۸ همپوشانی و شباهت بالایی بین نمونه‌های مراغه و نمونه‌های ترکیه دیده می‌شود و نمونه *Honanotherium bernori* مراغه (۱۲ و ۱۳) در بین نمونه‌های *Samotherium boissieri* مراغه و همچنین *Alcicephalus neumayri* ترکیه قرار گرفته است. همچنین نمونه *Helladotherium duvernoyi* کاواک دره ترکیه ارتباط نزدیکی با نمونه *Alcicephalus neumayri* مراغه نشان می‌دهد و با نتایج آنالیز خوشه‌ای (CA) نیز همخوانی دارد. همان‌گونه که در قسمت راست شکل ۸ مشخص شده است، نمونه‌های *Helladotherium duvernoyi* کاواک دره ترکیه (۱۱) با نمونه‌های *Samotherium boissieri* مراغه (۲۱) و *Honanotherium schlosseri* چین (۲۳) شباهت بالایی نشان می‌دهند. از قسمت چپ نمودار به سمت راست نمودار PCA، نمونه‌ها افزایش در اندازه استراگالوس را نشان می‌دهند و نمونه‌های مراغه که در داخل گروه A1 قرار دارند، اندازه کوچک‌تری نسبت به سایر نمونه‌ها دارند. نمونه‌های گروه C1 که شامل گونه‌های مراغه و ترکیه در قسمت مرکزی نمودار قرار گرفته‌اند، نشانگر اندازه حد واسط بین نمونه‌ها بوده و نمونه‌های گروه E1 بزرگ‌ترین در بین تمام گونه‌ها هستند.

شکل ۹ نتایج آنالیز خوشه‌ای (CA) را برای داده‌های به‌دست آمده از نمونه‌های استراگالوس نشان می‌دهد. در نتیجه، دندروگرام ایجاد شده با استفاده از روش گروه



شکل ۹- نتایج آنالیز CA برای نمونه‌های استراگالوس. خوشه‌های A، B، C، و زیر خوشه‌های A1، A2 و C1، C2 متمایز شده‌اند.

Figure 9. The results of CA analysis for Astragalus samples. The clusters of A, B, C and the subclusters of A1, A2, and C1, C2 are distinguished.

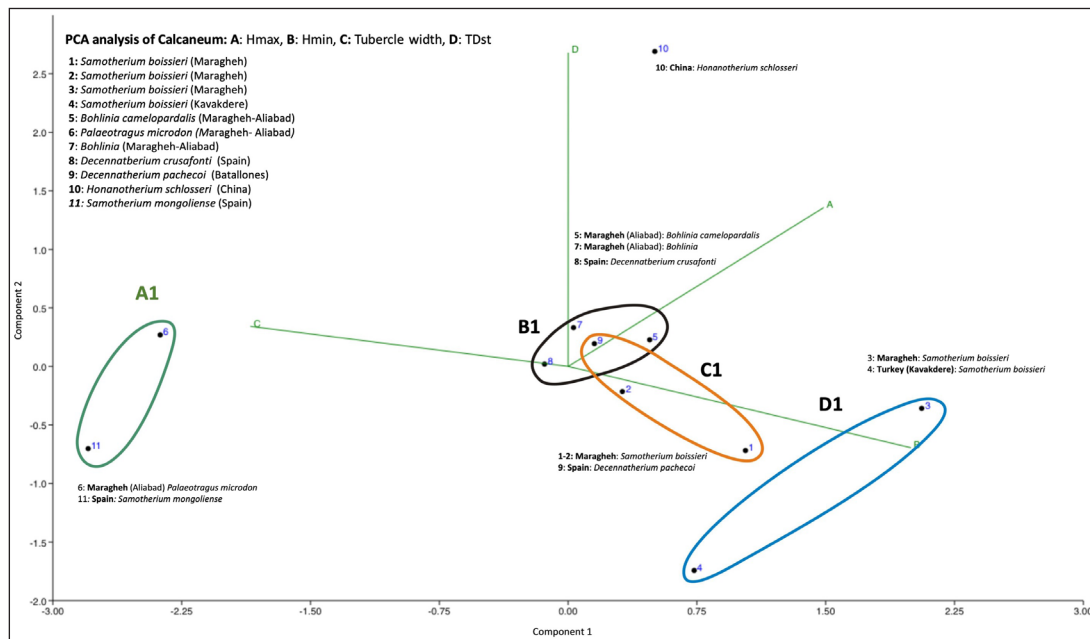
Palaeotragus microdon مربوط به علی‌آباد مراغه می‌باشد و افزایش در امتداد محور C (عرض توپرکول) را نشان می‌دهد. گروه بعدی در نمودار PCA گروه B1 می‌باشد و شامل جنس‌های *Bohlinia camelopardalis* و *Bohlinia* از علی‌آباد مراغه و *Decennatherium crusafonti* از باتالونس (Batallones) اسپانیا می‌باشد (شکل ۱۰). گروه C1 شامل نمونه‌های متعلق به *Samotherium boissieri* از مراغه و

۳-۲- نتایج آنالیزهای PCA و CA برای داده‌های کالکانوم

شکل ۱۰ آنالیز PCA براساس داده‌های به‌دست آمده از کالکانوم می‌باشد. بر اساس چگونگی پراکندگی جنس‌ها در این نمودار، چهار گروه (A1، B1، C1، D1) مجزا شدند. گروه A1 که در قسمت چپ نمودار از دیگر گروه‌ها به صورت مجزا قرار گرفته است شامل نمونه‌های *Samotherium mongoliense* از اسپانیا و نمونه‌های

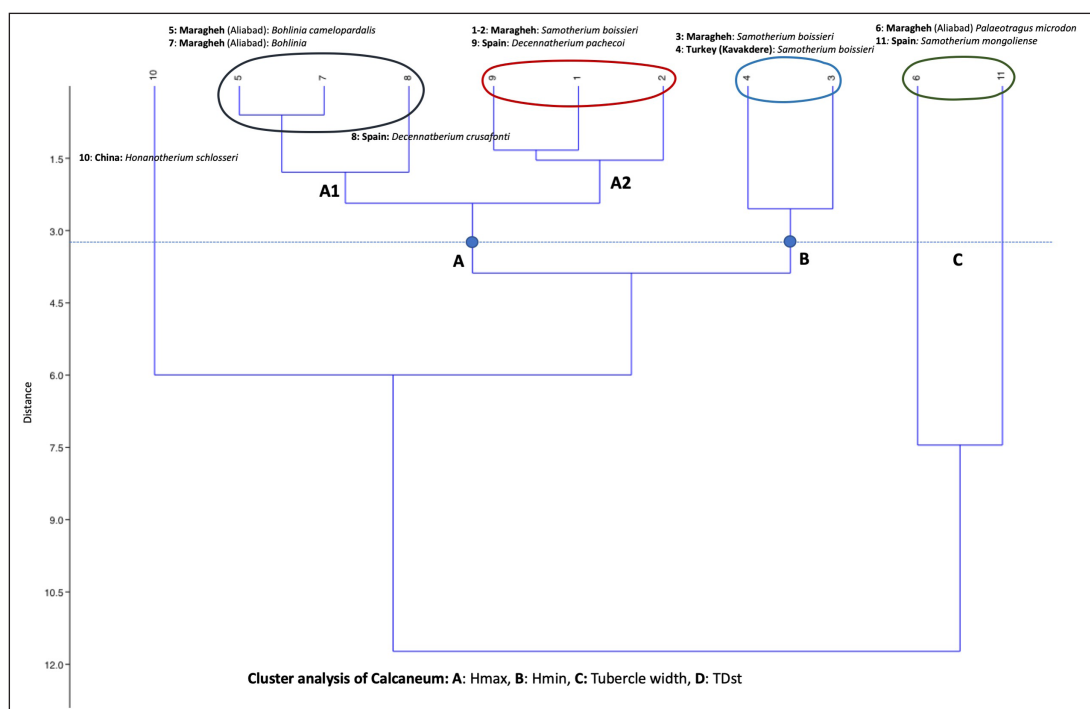
دره از ترکیه می‌باشد که با خوشه B در آنالیز CA یکسان می‌باشد (شکل ۱۱). نکته شایان توجه مربوط به نمونه *Honanotherium schlosseri* از چین می‌باشد که در نمودار PCA شباهتی با نمونه‌های دیگر نشان نمی‌دهد و در امتداد محور D، که اندازه TDst را نشان می‌دهد، بزرگ‌تر از سایر نمونه‌ها و به صورت مجزا قرار می‌گیرد (شکل ۱۰).

Decennatherium pachecoi از باتالونس اسپانیا می‌باشند که این گروه با خوشه A2 در آنالیز خوشه‌ای شباهت دارد و نشان می‌دهد که نمونه‌های اسپانیا با نمونه‌های مراغه همپوشانی دارند. همان‌گونه که در شکل ۱۰ دیده می‌شود، گروه D1 در نمودار PCA شامل نمونه‌های *Samotherium boissieri* مراغه و *Samotherium boissieri* کاواک



شکل ۱۰- نتایج آنالیز PCA برای نمونه‌های کالکانوم. محورهای A، B، C و D به ترتیب مطابق با اندازه‌گیری Hmax، Hmin، عرض توبرکول، و TDst می‌باشند.

Figure 10. The results of PCA analysis for calcaneum samples. The vectors A, B, C, and D correspond to the measurements of Hmax, Hmin, Tubercle width, and TDst, respectively.



شکل ۱۱- نتایج آنالیز CA برای نمونه‌های کالکانوم. خوشه‌های A، B، C و زیر خوشه‌های A1 و A2 متمایز شده‌اند.

Figure 11. The results of CA analysis for calcaneum samples. The clusters of A, B, C and the subclusters of A1, A2, and C1, C2 are distinguished.

می‌گیرد و با سایر نمونه‌ها خوشه تشکیل نمی‌دهد (شکل ۱۳).

۴-۳- نتایج آنالیزهای PCA و CA برای داده‌های متاتارس

داده‌های متاتارس برای نمونه‌های *Samotherium boissieri* از مراغه و *Helladotherium duvernoyi* و *Bramatherium perimense* از کاواک در ترکیه تهیه شد و آنالیزهای PCA و CA بر روی آن‌ها انجام گرفت. همان‌گونه که در شکل ۱۴ دیده می‌شود، نمونه‌های ترکیه در یک گروه قرار می‌گیرند و نمونه *Samotherium boissieri* از مراغه به صورت مجزا در سمت چپ نمودار قرار می‌گیرد. شکل ۱۵ نتایج آنالیز CA برای داده‌های متاتارس را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشخص می‌باشد، نمونه‌های ترکیه یک خوشه تشکیل می‌دهند و نمونه مراغه در سمت راست دندروگرام به صورت مجزا قرار می‌گیرد.

۴-۲- بحث

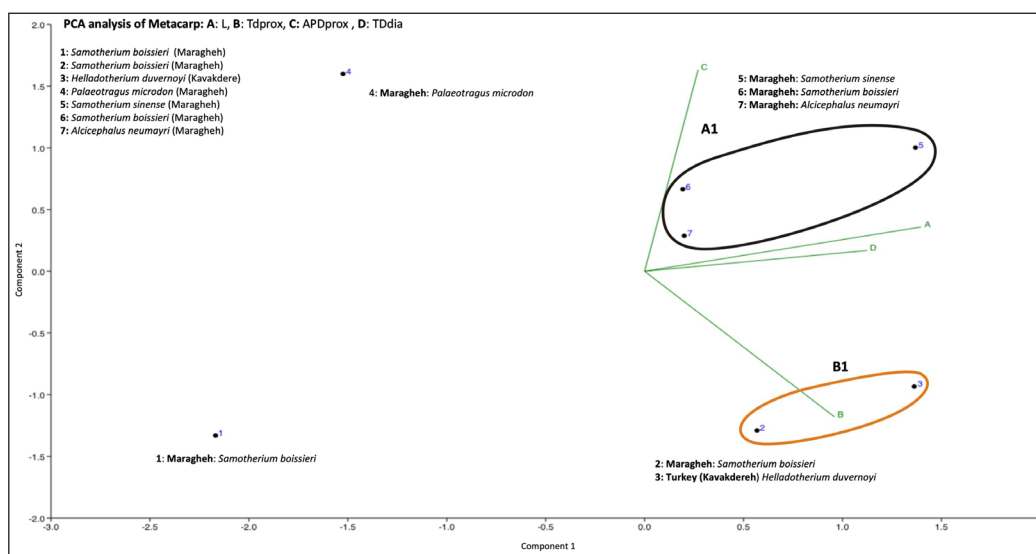
۴-۱- مطالعه اندام‌های حرکتی (mtapods) در زرافه‌ها

ساختار اندام حرکتی یا متاپود (Bohlin, 1926) برای تفسیر حرکت استواری اندام حرکتی و رابطه فیلوژنتیکی در سطح خانواده مفید می‌باشد. پژوهش‌های پیشین نشان داده است که یک رابطه آلومتریکی منفی (negative allometric relationship) بین طول متاپود و اندازه بدن وجود دارد و تنوع در اندازه بدن به نامتقارنی‌هایی در انتهای distal (دور از مرکز) متاپودها می‌انجامد (Scott, 1985). همچنین مطالعات آلومتریکی اندام حرکتی نشان داده است که انتهای distal اندام‌های حرکتی سم‌داران، بسیار متنوع‌تر از انتهای proximal (نزدیک به مرکز) آن‌ها می‌باشد (van der Geer, 2005). ویژگی‌های ریخت‌شناختی که پیش‌تر برای مقایسه اندام حرکتی سم‌داران استفاده می‌شدند، عبارتند از: میزان اتصال متاپودهای سوم و چهارم، بازشدگی انتهای distal متاپودها، و میزان کاهش شیارهای روی برجستگی‌های دور از مرکز (Janis et al., 2002). مطالعه متاپودها ثابت کرده است که استخوان‌های اندام حرکتی می‌توانند در تشخیص جنس و حتی گونه نمونه‌ها کاربرد داشته باشند (Rios et al., 2016). به عنوان مثال، ویژگی‌های ریخت‌شناختی استراگالوس پستانداران در تشخیص و جداسازی بسیاری از گروه‌ها مانند خرطوم‌داران و زوج سمان مفید بوده است (Tassy, 1996).

نتایج آنالیز CA برای داده‌های کالکانتوم هم ارتباط نزدیک بین نمونه‌های مراغه با نمونه‌های اسپانیا را تایید می‌کند (شکل ۱۱). بر اساس نتایج دندروگرام، چهار خوشه A1، A2، B و C تشخیص داده شدند. خوشه A1 شامل جنس‌های *Decennatherium crusafonti* و *Bohlinia camelopardalis* و *Bohlinia* از مراغه و خوشه A2 شامل جنس‌های *Honanotherium schlosseri* از چین ارتباط نزدیکی با سایر نمونه‌ها نشان نمی‌دهد و به هیچ کدام از خوشه‌ها تعلق ندارد و همان‌گونه که پیش‌تر نیز بیان شد، می‌تواند به سبب اندازه TDst بزرگ‌تر در این جنس نسبت به سایر جنس‌ها و همچنین نبود داده‌های مربوط به Hmin و عرض توبرکول در این جنس باشد. خوشه A2 شامل دو نمونه *Samotherium boissieri* از مراغه و نمونه *Decennatherium pachecoi* از اسپانیا می‌باشد. خوشه B شامل جنس *Samotherium boissieri* از مراغه و *Samotherium boissieri* از منطقه کاواک در ترکیه می‌باشد که نشانگر شباهت بالای این جنس در منطقه مراغه و کاواک در ترکیه است. همان‌گونه که در شکل ۱۱ مشخص شده است، نمونه *Palaeotractus microdon* از منطقه علی‌آباد مراغه و *Samotherium mongoliense* از اسپانیا در خوشه C قرار می‌گیرند که در آنالیز PCA هم دارای عرض توبرکول بزرگ‌تری نسبت به سایر نمونه‌ها بودند و در گروه A قرار گرفته بودند.

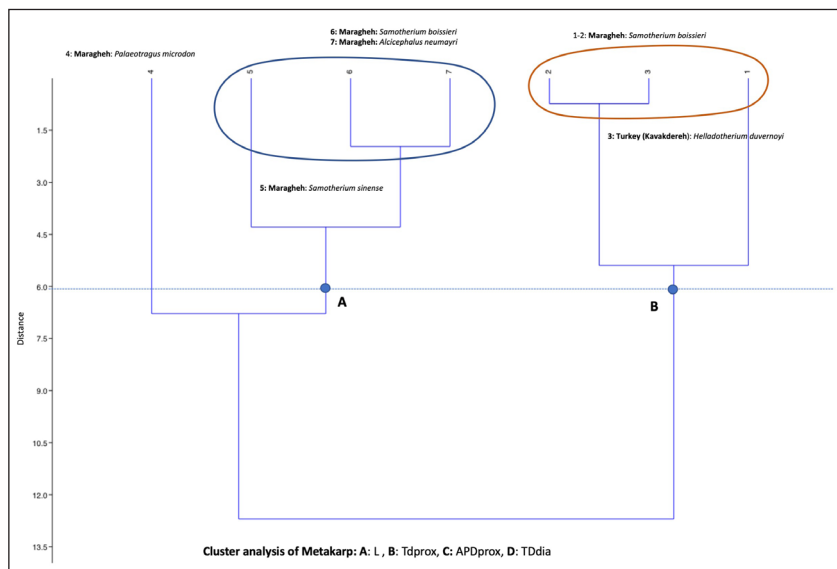
۳-۳- نتایج آنالیزهای PCA و CA برای داده‌های متاکارپ

نتیجه آنالیز PCA برای داده‌های متاکارپ در شکل ۱۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این نمودار دیده می‌شود، سه جنس *Alcicephalus neumayri*، *Samotherium boissieri* و *Samotherium sinense* از منطقه مراغه در گروه A1 مشخص شده‌اند. گروه B1 شامل جنس *Samotherium boissieri* از مراغه و *Helladotherium duvernoyi* از منطقه کاواک در ترکیه می‌باشد و شباهت بالای این دو جنس را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج آنالیز CA، نمونه‌های *Alcicephalus neumayri*، *Samotherium boissieri* و *Samotherium sinense* در خوشه A قرار می‌گیرند که با گروه A1 در آنالیز PCA همخوانی دارد. نمونه‌های *Samotherium boissieri* از منطقه مراغه و *Helladotherium duvernoyi* از منطقه کاواک در ترکیه در داخل خوشه B قرار می‌گیرند ولی نمونه *Palaeotractus microdon* از منطقه مراغه به صورت مجزا قرار



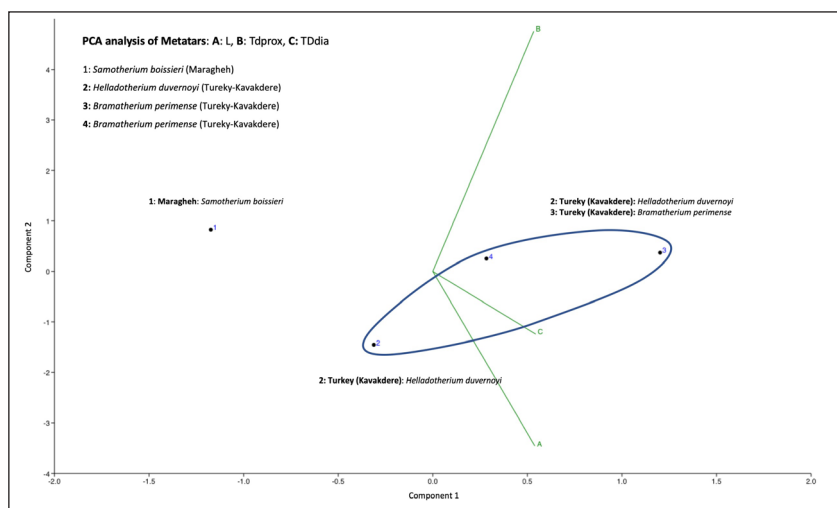
شکل ۱۲- نتایج آنالیز PCA برای نمونه‌های متاکارپ. محورهای A، B، C و D به ترتیب مطابق با اندازه‌گیری L، Tdprox، APDprox و TDdia می‌باشند.

Figure 12. The results of PCA analysis for metacarpal samples. The vectors A, B, C, and D correspond to the measurements of L, Tdprox, APDprox, and TDdia, respectively.



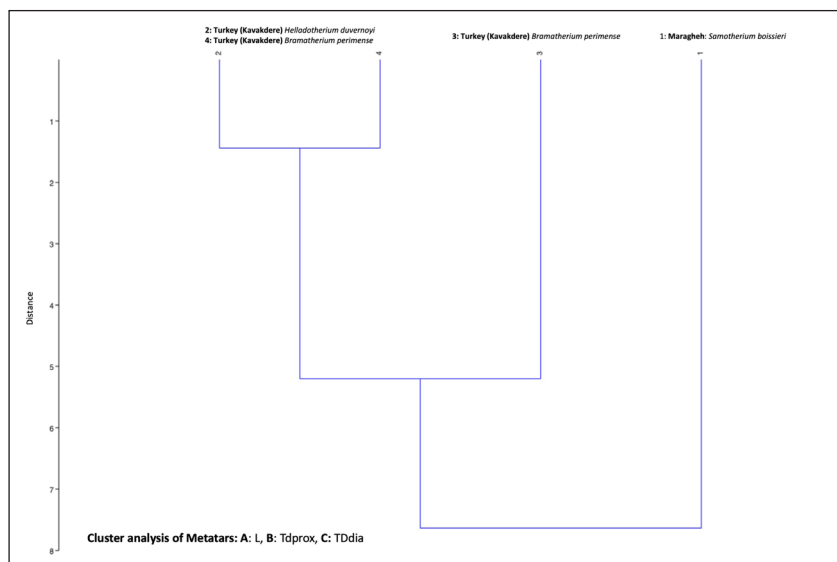
شکل ۱۳- نتایج آنالیز CA برای نمونه‌های متاکارپ. خوشه‌های A و B متمایز شده‌اند.

Figure 13. The results of CA analysis for metacarpal samples. The clusters of A and B are distinguished.



شکل ۱۴- نتایج آنالیز PCA برای نمونه‌های متاتارس. محورهای A، B، و C به ترتیب مطابق با اندازه‌گیری Tdprox، TDdia و L می‌باشند.

Figure 14. The results of PCA analysis for metatarsal samples. The vectors A, B, and C correspond to the measurements of L, Tdprox, and TDdia, respectively.



شکل ۱۵- نتایج آنالیز PCA برای نمونه‌های متاتارس. نمونه‌های مربوط به ترکیه (۲، ۳ و ۴) در دو خوشه مجزا قرار دارند و نمونه مربوط به مراغه (۱) یک خوشه مجزا تشکیل داده است.

Figure 15. The results of PCA analysis for metatarsal samples. The samples from Turkey (2, 4, and 3) are in two separate clusters and the sample from Maragheh (1) forms a separate cluster.

جانوران پیکرمیایی در عرض‌های جغرافیایی یکسان از مراغه تا خاور مدیترانه را نشان می‌دهد.

۵- نتیجه‌گیری

زیستاران مراغه از دیرباز یکی از برجسته‌ترین زیستاران پیکرمیایی (Pikermian faunas) میوسن پسین اوراسیای باختری، همراه با جانوران ساموس و پیکرمی در یونان به‌شمار می‌رفته‌اند. یکی از اجزای مهم جامعه متنوع پستانداران میوسن پسین، زرافه‌ها بودند که فسیل آن‌ها در منطقه مراغه مورد شناسایی قرار گرفته است. مطالعه اندام‌های حرکتی نمونه‌های فسیلی زرافه از جمله *Helladotherium duvernoyi*, *Alcicephalus neumayri*, *Samotherium boissieri*, *Samotherium major*, *Palaeotragus coelophrys* و *Bohlinia attica* از مناطق مختلف مراغه و همچنین مقایسه آن‌ها با نمونه‌های فسیلی دیگر مناطق دنیا مانند کاواک دره در ترکیه و باتالونز اسپانیا اهمیت زرافه‌های منطقه مراغه به عنوان بخشی از زیستاران پیکرمیایی پیشنهاد شده توسط پژوهشگران پیشین را تأیید می‌کند.

نتایج آنالیزهای چند متغیره (PCA و CA) بر اساس داده‌های به‌دست آمده از اندام‌های حرکتی استراگالوس، کالکانوم، متاکارپ، و متاتارس نشان می‌دهد که نمونه‌های فسیلی زرافه در منطقه مراغه شباهت بسیار بالایی با نمونه‌های منطقه کاواک دره در ترکیه و باتالونز اسپانیا نشان می‌دهند. نتایج آنالیزهای PCA و CA بر اساس داده‌های استراگالوس نشان می‌دهد که نمونه‌های فسیلی مناطق مراغه، کاواک دره در ترکیه شباهت بسیار بالایی دارند و در آنالیز PCA در یک گروه و در آنالیز CA در یک خوشه مشابه قرار می‌گیرند. نتایج آنالیزهای PCA و CA سایر اندام‌های حرکتی مانند کالکانوم، متاکارپ، و متاتارس نیز گویای شباهت بالایی اندام‌های حرکتی در جنس و گونه‌های مناطق مراغه، ترکیه، و اسپانیا می‌باشد. شباهت فسیلی زیستاران مراغه با دیگر زیستاران پیکرمیایی نشان دهنده ارتباط تکاملی جامعه پستانداران منطقه مراغه با محیط ساوانایی زیست‌بوم پیکرمین در زمان تورولین بوده است و ارتباط تکاملی و توزیع جغرافیایی جانوران پیکرمیایی مشابه در عرض‌های جغرافیایی یکسان از منطقه مراغه تا خاور منطقه مدیترانه را نشان می‌دهد.

انجام پژوهش‌های بیشتر مانند مقایسه داده‌های فسیلی منطقه مراغه با سایر داده‌های فسیلی از مناطق خاوری مانند افغانستان، پاکستان، هند، و چین می‌تواند نقش بسیار مهمی در مطالعات تکاملی و فیلوژنتیکی زرافه‌ها داشته باشد. با تکمیل یک مجموعه داده‌ای از اندام‌های ریخت‌شناختی نمونه‌های زرافه از مناطق مختلف جهان و مقایسه آن‌ها با یکدیگر می‌توان درک بهتری از روند تکاملی و ارتباط فیلوژنتیکی زرافه‌ها در اواخر میوسن به‌دست آورد.

بر اساس پژوهش‌های سولونیاس و دانویتز (Solounias and Danowitz, 2016a, b) زرافه‌های مراغه ترکیبی از گونه‌های دو انتهای زیست‌بوم Pikermian را نشان می‌دهند. جنس‌های *Honanotherium* و *Alcicephalus* به‌طور عمده از مناطق شمال چین شناخته می‌شوند و نمونه‌های *Samotherium major*, *Samotherium boissieri* و *Helladotherium* به‌طور عمده از ساموس شناخته شده‌اند. در حالی که فراوان‌ترین زرافه مراغه (*A. neumayri*) از انتهای خاوری زیست‌بوم پیکرمیان شناخته شده است، بیشترین تعداد گونه‌های موجود در مراغه از انتهای باختری این منطقه شناخته شده است. البته با توجه به این که یافته‌های اخیر حضور جنس *Alcicephalus neumayri* در منطقه مراغه را مورد تردید قرار داده است و این جنس می‌تواند به *Samotherium neumayri* نسبت داده شود، ولی در این مطالعه از این جنس به عنوان *A. neumayri* نام برده شده است.

بسترهای استخوان دار مراغه به سطوح زیست‌چینه‌شناسی بالایی، میانی، و پایینی تقسیم می‌شوند که حدود ۱/۵ میلیون سال را در بر می‌گیرند (Bernor, 1986). زرافه‌ها به‌احتمال، از چندین لایه منشأ می‌گیرند و تعداد زیاد نمونه‌های زرافه‌های کشف شده از مراغه نشان می‌دهد که زرافه‌ها جزو چیره زیستاران پستانداران محلی بودند.

با توجه به بررسی نمونه‌های یافت شده در مراغه، اندازه اندام‌های حرکتی نوع ساموتریوم (*Samotherium*) بزرگ‌تر از نوع پالتوتراگوس (*Palaeotragus*) می‌باشد. در مقایسه با نمونه‌های ترکیه و اسپانیا، نمونه‌های ساموتریوم مراغه دارای استراگالوس نسبتاً کوچک‌تری می‌باشند. برخی از نمونه‌های ترکیه با نمونه‌های مراغه همپوشانی نشان می‌دهند که می‌تواند نشانگر ارتباط فیلوژنتیکی این جنس‌ها باشد. از نظر اندازه کالکانوم، نمونه‌های اسپانیا و نمونه‌های مراغه همپوشانی خوبی نشان می‌دهند و نسبت به نمونه‌های ترکیه اندازه حد واسطه دارا می‌باشند. نتایج آنالیزهای PCA و CA نمونه‌های مناطق مراغه، کاواک دره ترکیه، و باتالونز اسپانیا که در عرض‌های جغرافیایی برابر (۳۰-۴۰ درجه) قرار دارند، ارتباط نزدیک این جنس‌ها با یکدیگر را نشان می‌دهد که می‌تواند به دلیل سازگاری این موجودات در مناطقی با آب و هوایی یکسان مانند منطقه ساوانایی اواخر میوسن و متعلق به زیست‌بوم پیکرمین در اوراسیا باشد (Bernor, 1984; Bernor et al., 1996; Solounias et al., 1999; Eronen et al., 2009; Kostopoulos, 2009).

زرافه‌های منطقه مراغه، ترکیه، یونان، و اسپانیا بخشی از زیستاران پیکرمین اوراسیا شناخته می‌شوند که به آب و هوای ساوانایی در اواخر میوسن سازگار شده بودند. شباهت فسیل‌های مراغه با دیگر پستانداران پیکرمیایی نشان می‌دهد که منطقه مراغه بخشی از یک محیط بوم‌شناختی بزرگ و محیط ساوانایی زیست‌بوم پیکرمی در زمان تورولین بوده است و گویای ارتباط تکامل جامعه پستانداران زمینی یک منطقه بوم‌شناختی بزرگ با تغییرات محیطی و جغرافیایی است و گستردگی جغرافیایی

کتابنگاری

- آقاباتی، س.ا.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.
پورابریشمی، ز.، ۱۳۸۴ طرح حفاظت از تنوع زیستی مطالعه، اکتشاف، استخراج و بازسازی فسیل مهره‌داران منطقه مراغه و ورزقان، طرح پژوهشی موزه ملی تاریخ طبیعی، دانشگاه تبریز.
سهرابی، الف.، ۱۳۸۷. روند تکاملی اسب‌های منطقه ورزقان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، دانشگاه شهیدبهشتی، ۱۳۰ ص.
پریزاد، الف.، ۱۳۹۸. دیرینه‌شناسی زیای زرافه‌های مراغه (میوسن پسین) و پالتوکولوی آنها. رساله دکترای چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی. پردیس علوم، دانشگاه تهران، ۲۱۸ ص.

References

- Abich, H.W., 1858. Tremblement de terre observe a Tebriz en September 1856, notices physiques et geographiques de M. Khanykof sur l'Azerbeidjan. Bulletin de l'Academie (Imperiale) des Sciences de Saint Petersburg, Clsse Physico- Mathmatique. 382 XVI-22 notes, 27: 339-352. (In French).
Aghanabati, A., 2004. *Geology of Iran. Geological Survey of Iran, Tehran, 586 p. (In Persian).*

- Bernor, R., Mirzaie Ataabadi, M., Meshida, K., and Wolf, D., 2016. The Maragheh hipparions, late Miocene of Azarbaijan, Iran. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 96 (3), 453-488. DOI: 10.1007/s12549-016-0235-2.
- Bernor, R.L., 1984. A zoogeographic theater and biochronologic play: the time/biofacies 536 phenomena of Eurasian and African Miocene mammal provinces. *Paléobiologie*, 537 Continentale, 14: 121-142.
- Bernor, R.L., 1986. Mammalian biostratigraphy, geochronology, and zoogeographic relationships of the late Miocene Maragheh fauna, Iran. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 6: 76-95.
- Bernor, R.L., Solounias, N., Swisher III, C.C., and Van Couvering, J.A., 1996. The correlation of the classical "Pikermian" mammal faunas- Maragheh, Samos and Pikermi, with the European MN unit system. In: Bernor, R.L., Fahlbusch, V., Mittmann, H.W. (Eds.), *The Evolution of the Western Eurasian Neogene Mammal Faunas*. Columbia University Press, New York, pp. 137-154.
- Bernor, R.L., Woodburne, M.O., and Van Couvering, J.A., 1980. A contribution to the chronology of some Old-World faunas based on hipparionine horses. *Geobios*, 13(5): 25-59.
- Bohlin, B., 1926. Die Familie Giraffidae. *Palaeontologica Sinica Series, C*, 1, 1-178.
- Brandt, J.F., 1870. Ueber die von Herrn Magister Adolph Goebel auf Seiner Persischen Reise bie der stadt Maragha in der Provinz Azerbeidjan gefundenen Saugethier-Reste. *Denkschrift des Naturforscher-Vereins zu Riga*, 3: 1-8. (In German).
- Campbell, B.G., Amini, M.H., Bernor, R.L., Dickenson, W., Drake, W., Morris, R., Van Couvering, J.A., and Van Couvering, J.A.H., 1980. Maragheh: A classical late Miocene vertebrate locality in northwestern Iran. *Nature*, 287: 837-841.
- Davoudzadeh, M., Lammerer, B., and Weber- Diefenbach, K., 1997. Paleogeography, stratigraphy, and tectonics of the Tertiary of Iran. *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaeontologie. Abhandlungen*, 205: 33-67. DOI: 10.1127/njgpa/205/1997/33.
- Dewey, J.F., Pitman III, W.C., Ryan, W.B.F., and Bonnin, J., 1973. Plate Tectonics and the Evolution of the Alpine System. *Geological Society of America Bulletin*, 84(10): 3137-3180. DOI: 10.1130/0016-7606(1973)84<3137:PTATEO>2.0.CO;2.
- Erdbrink, D.P.B., 1976a. A fossil Giraffine from the Maragheh region in N.W. Iran. *Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie Mitteilungen*, 16: 29-40.
- Erdbrink, D.P.B., 1976b. Early Samotherium and early Oioceros from an Uppermost Vindobonian fossiliferous pocket at Mordaq near Maragheh in N.W. Iran. *Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie Mitteilungen*, 16:41-52.
- Erdbrink, D.P.B., 1977. On the distribution in time and space of three Giraffid genera with Turolian representatives at Maragheh in N.W. Iran. *Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, B* 80: 337-355.
- Erdbrink, D.P.B., 1978. Fossil Giraffidae from the Maragheh area, N.W. Iran. *Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie Mitteilungen*, 18: 93-115.
- Erdbrink, D.P.B., Priem, H.N.A., Hebeda, E.H., Cup, C., Dankers, P.O., and Cloetingh, S.A.P.L., 1976. The bone bearing beds near Maragheh in N.W. Iran. *Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, B* 79(2): 85-113.
- Eronen, J.T., Ataabadi, M.M., Micheels, A., Karne, A., Bernor, R.L., and Fortelius, M., 2009. Distribution history and climatic controls of the Late Miocene Pikermian chronofauna. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106: 11867-11871. doi.org/10.1073/pnas.0902598106.
- Grewingk, C., 1881. Ueber fossile Saugethiere von Maragha in Persien. *Verhandlungen der K. K. Geologischen Reichsanstalt*, 1881:296. (In German).
- Hammer, Ø., and Harper, D.A.T., 2006. *Paleontological data analysis*: Malden USA, Blackwell, 368 p. DOI: 10.1016/j.jhevol.2007.07.001
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1):1-9.
- Huber, H., 1976. Tectonic map of northwest Iran, scale: 1:250.000. Tehran, National Iranian Oil Company, Exploration and Production.
- Janis, C.M., Theodor, J.M., and Boisvert, B., 2002. Locomotor evolution in camels revisited: a quantitative analysis of pedal anatomy and the acquisition of the pacing gait. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22:110-121. DOI: 10.1671/0272-4634(2002)022[0110:LEICRA]2.0.CO;2.
- Kamei, T., Ikeda, J., Ishida, H., Ishida, S., Onishi, L., Partodizar, H., Sasajima, S., and Nishimura, S., 1977. A general report of the geological and paleontological survey in Maragheh area, North-West Iran. *Memoir Faculty of Science, Kyoto University*, 43:131-164.
- Kittl, E., 1887. Beiträge zur Kenntniss der fossilen Saugethiere von. Maragha in Persien. 1 Carnivoren. *Annalen Naturhistorischen Museums Wien*, 11: 317- 338. (In German).
- Kostopoulos, D.S., 2009. The Pikermian Event: temporal and spatial resolution of the Turolian large mammal fauna in SE Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 274: 82-95. DOI: 10.1016/j.palaeo.2008.12.020.
- Mirzaie Ataabadi, M., Mohammadalizadeh, J., Zhang, Z., Watabe, M., Kaakinen, A., and Fortelius, M., 2011. Late Miocene large mammals from Ivand (Northwestern Iran). *Geodiversitas*, 33(4):709-728. DOI: 10.5252/g2011n4a7.
- Mirzaie Ataabadi, M., 2010. *The Miocene of Western Asia; fossil mammals at the crossroads of faunal provinces and climate regimes*. Helsinki University print, Helsinki: 69 pp., 10 figs. hdl.handle.net/10138/21219.

- Mirzaie Ataabadi, M., Bernor, R.L., Kostopoulos, D.S., Wolf, D., Orak, Z., Zare, G., Nakaya, H., Watabe, M., and Fortelius, M., 2013. Recent advances in paleobiological research of the Late Miocene Maragheh fauna, Northwest Iran. In Wang, X., Flynn, L.J., and Fortelius, M., (Eds.), *Fossil Mammals of Asia: Neogene Biostratigraphy and Chronology*, New York: Columbia University Press, pp. 546–565. doi.org/10.7312/columbia/9780231150125.003.0025.
- Parizad, A., 2019. *Paleontology of Maragheh giraffids (Late Miocene) and their paleoecology*. Ph.D. thesis, University of Tehran, 218 p. (in Persian).
- Parizad, E., Mashkour, M., Solounias, N., and Mirzaie Ataabadi, M., 2019. First giraffid skulls (*Bohlinia attica*) from the late Miocene Maragheh fauna, Northwest Iran. *Geobios*, 53: 23–34. DOI: 10.1016/j.geobios.2019.02.007.
- Pohlig, H., 1886. On the Pliocene of Maragha, Persia, and its resemblance to that of Pikermi in Greece; on fossil elephant remains of Caucasia and Persia; and on the results of a monograph of the fossil elephants of Germany and Italy. *Quarterly Journal Geological Society of London*, 42: 177–182.
- Pourabarishmi, Z., 2005. *Biodiversity conservation project: Study, exploration, extraction, and reconstruction of the vertebrate fossils in the Maragheh and Varzaghan regions, Research project of the National Natural History Museum, University of Tabriz (in Persian)*. DOI:10.22071/gsj.2009.57810.
- Rios, M., Danowitz, M., and Solounias, N., 2016. First comprehensive analysis of the metapodials of Giraffidae. *Palaeontologia Electronica*, 19.3.50A, 39 p. DOI: 10.26879/653.
- Rios, M., Sánchez, I.M., and Morales, J., 2017. A new giraffid (Mammalia, Ruminantia, Pecora) from the late Miocene of Spain, and the evolution of the sivathere-samothere lineage. *Plos One*, 12(11): e0185378. doi.org/10.1371/journal.pone.0185378.
- Rodler, A., and Weithofer, K.A., 1890. Die Wiederkäuer der Fauna von Maragha. *Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, 57: 753–772. (In German).
- Sawada, Y., Zaree, G.R., Sakai, T., Itaya, T., Yagi, K., Imaizumi, M., Mirzaie Ataabadi, M., and Fortelius, M., 2016. K-Ar ages and petrology of the late Miocene pumices from the Maragheh Formation, northwest Iran. In Mirzaie Ataabadi, M., and Fortelius, M., (Eds.) *The late Miocene Maragheh mammal fauna; results of recent multidisciplinary research*. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 96: 339–347. DOI: 10.1007/s12549-016-0232-5.
- Scott, K.M., 1985. Allometric trends and locomotor adaptations in the Bovine. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 179: 197–288.
- Short, R.A., and Lawing, A.M., 2021. Geography of artiodactyl locomotor morphology as an environmental predictor. *Diversity and Distributions*, 27 (9), 1818–1831. doi.org/10.1111/ddi.13371.
- Sohrabi, A. 2008. *Fossil Hipparionine evolutionary diversification in the Varzeghan area, NW Iran, and their phylogenetic relation to other Hipparionine in Pikermi (Greece), Afghanistan, Pakistan, and India*. Monograph, M.Sc. thesis (in Persian). Shahid Beheshti University. 130 p.
- Solounias, N., and Danowitz, M., 2016a. The Giraffidae of Maragheh and the identification of a new species of *Honanotherium*. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 96, 489–506. DOI: 10.1007/s12549-016-0230-7.
- Solounias, N., and Danowitz, M., 2016b. Astragalar morphology of selected Giraffidae. *PloS One*, 11, e0151310. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151310. DOI: 10.1371/journal.pone.0151310.
- Solounias, N., Plavcan, J.M., Quade, J., and Witmer, L., 1999. The paleoecology of the Pikermian Biome and the savanna myth. In: Agusti, J., Rook, L., and Andrews, P. (Eds.), *Hominoid evolution and climatic change in Europe*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 436–453.
- Solounias, N., Rivalet, F., and Semprebon, G., 2010. Dietary interpretation and paleoecology of herbivores from Pikermi and Samos (late Miocene of Greece). *Paleobiology*, 36, 113–136. DOI: 10.1666/0094-8373-36.1.113.
- Tassy, P., 1996. Who is who among Proboscidea? In: Soshani J, Tassy P, editors. *Evolution and palaeoecology of elephants and their relatives*. New York: Oxford University Press, pp. 39–54.
- Van der Geer, A.E., 2005. Island ruminants and parallel evolution of functional structures. *Quaternarie*, 2: 231–240.
- Watabe, M., and Nakaya, H., 1991a. — Phylogenetic significance of the postcranial skeletons of the hipparions from Maragheh (Late Miocene), NW Iran. *Memoirs of the Faculty of Sciences, Kyoto University*, 56 (1–2): 11–53.
- Watabe, M., and Nakaya, H., 1991b. — Cranial skeletons of Hipparion (*Perissodactyla*, Mammalia) from Maragheh (Turolian, Late Miocene), NW Iran. *Memoirs of the Faculty of Sciences, Kyoto University*, 56 (1–2): 55–12.