

Original Research Paper

Assessment of Miocene vertebrate biodiversity of Zagros: new findings of vertebrate footprints from the Agha Jari Formation, east Gotvand, Khuzestan province, southwest of Iran

Abdolvahab Kazemi¹, and Nasrollah Abbassi^{2*}

¹ Geological Building, National Iranian South Oil Company, Ahvaz, Iran

² Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 2022 September 01

Accepted: 2022 November 22

Available online: 2023 June 22

Keywords:

Vertebrate

Footprint

Miocene

Zagros

Agha Jari Formation

ABSTRACT

Agha Jari Formation (Miocene-Pliocene, 788 m) comprises alternations of sandstone, siltstone, and marl in red to brown color layers in the east Gotvand, north Khuzestan province, southwest Iran. Numerous vertebrate footprints have been found in the middle part of the Formation, which includes footprints of wetland small bird (*Aviadactyla media*, *Gruipeda dominguensis*), artiodactyls (*Lamaichnum alfi*, *Lamaichnum* isp., *Pecoripeda satyri*, *Pecoripeda* isp.), canids (*Canipeda* isp.) and large reptiles (*Hatcherichnus sanjuanensis*). Frequency of artiodactyl imprints are more than the other footprints. These footprints proof the living of camels and crocodiles in the Zagros basin for the first time. The ichnotaxa diversity of the footprints in the studied section is more than the other reports of Agha Jari Formation in Iran and its stratigraphic equivalent in the adjacent countries.

1. Introduction

Paleontologists, who work on the terrestrial vertebrate remains, always look for the signs of these kinds of fossils in the continental sediments. They inspect bed by bed of continental sediments for finding a bit of vertebrate's fossils. Among them, vertebrate trace fossils, such as footprints, are valuable for paleoecological studies. Surely, programming on the reconnaissance of red beds is an important step for terrestrial vertebrate paleoichnology. Agha Jari

Formation (late Miocene to Pliocene) comprises alternation of red beds of marls and terrigenous layers, with extended outcrops in the Zagros Mountains, south to west of Iran. This Formation is a good candidate for vertebrate paleoichnology, because previous reports of vertebrate footprints from Zagros Mountains belong to this Formation (Lambrecht, 1938; Karim et al., 2003; Abbassi, 2020; Abbassi et al., 2021). This paper reports a new tracksite of

* Corresponding author: Nasrollah Abbassi; E-mail: abbasi@znu.ac.ir

Citation:

Kazemi, A., and Abbassi, N., 2023. Assessment of Miocene vertebrate biodiversity of Zagros: new findings of vertebrate footprints from the Agha Jari Formation, east Gotvand, Khuzestan province, southwest of Iran. Scientific Quarterly Journal, GEOSCIENCES, 33(2), 128, 299-318. <https://doi.org/10.22071/gsj.2022.360094.2029>.

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

doi: 10.22071/GSJ.2022.360094.2029

dor: 20.1001.1.10237429.1402.33.2.8.7



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

Agha Jari Formation in the southern flank of Zagros Mountains, north Khuzestan province in the Gotvand area.

2. Research methodology

Most of the data have been collected during the field studies. These data include bed by bed stratigraphic information, record of geographic and stratigraphic position of footprints, complete either sedimentological or paleontological data charts and preparing of adequate photos by use of digital camera. A part of field work was preparing plaster casting of large slabs. The sampled slabs and plaster casts have been deposited in the personal collection with catalog numbers IFMI-603 to 606. Geometrical studies on the photos of tracks and samples carried out in the laboratory. Geometrical data used for ichnotaxonomical identification of the footprints. Photoshop and Adobe Illustrator softwares have been used for resizing, auto-merging, redrawing sketches, and changing the quality of photographs.

3. Results

Numerous footprints have been found in the studied section of Agha Jari Formation. Most of the footprints are preserved as convex hyporeliefs. The footprints belong to birds, mammals and reptiles, and include below ichnotaxa. Table 1 shows geometry data of studied footprints.

Bird footprints, include two ichnospecies of small bird footprint.

Gruipeda dominguensis is small tetradactyl bird footprints preserved as concave epirelief. Digit imprints are slender and straight with asymmetric position so that interdigital angle II-III is greater than the III-IV. Digit imprints are straight without claw imprints.

Aviadactyla media is two successive small tridactyl footprints of trackway with unconnected stocky digit imprints. These footprints are preserved as convex hyporeliefs. Interdigital angle of II-III is lesser than the III-IV. Digit imprints are without digital pad or claw imprints.

Mammal footprints include abundant and diverse artiodactyl footprints and one canid trackway, determined as following ichnotaxa:

Lamaichnum alfi is artiodactyl footprint, moderate in size, elongate in pes and ovoid in manus imprints, digit III is forward than the digit IV in posterior with ambiguous sulcus, without claw imprints.

Lamaichnum isp. is poorly preserved moderate size of artiodactyl footprints, sulcus is unclear and without claw imprint. Digit imprints III and IV are the same in size.

Pecoripeda satyri is small artiodactyl imprints, heart-shape, three pairs arranged in one trackway, digit imprints are taper with clear intra-digital furrow. Footprint length of pes is greater than manus.

Pecoripeda isp. is small-sized artiodactyl footprint. digit imprints

are narrow, elongate and V-shaped with backward connection. Outlines of digit imprint are smooth and straight.

Canipeda isp. shows four concave epirelief footprints with four-digit imprints and long drag marks.

Reptile footprints comprise numerous swimming imprints and tracks of large crocodile imprints, which identified as *Hatcherichnus sanjuanensis*. There are short to long separate drag imprints of four-digits manus and three-digits pes imprints without sole imprint. The tip of digits is sharp. No trackway was found.

4. Discussions

Agha Jari Formation is one the extensive Formation of Fars Group in the Zagros basin, which formed during the uplifting of the basin after Asian-Arabian collision in the Neogene. The Formation deposited in the continental to marine conditions, so that continental environments include meandering to braided rivers (Motiei, 1993; Bahrami, 2009). The abundance and diversity of vertebrate footprints in the studied area is relatively higher than the previous reports of Neogene tracksites in the Middle East (Table 2). On the other hand, this report includes small to large artiodactyl, bird and canid footprints and for the first time, crocodile tracks from the Zagros Mountains.

Only large bird footprints have been reported from Lahbari member of Agha Jari Formation, in the Ilam province, near the Iran and Iraq border, which known as first named Cenozoic bird footprint in the world (Lambrecht, 1938; Vialov, 1989; Abbassi et al., 2015).

Abbassi and Dashtban (2021) reported small wetland bird footprints and large artiodactyl tracks from north Bushehr, south Iran.

Out of Iran, Mukdadiya Formation in Kurdistan region, in north Iraq, Baynunah Formation in UAE, and Miocene deposits of Oman yield vertebrate footprints. Large bird footprints, *Ardeipeda filiportatis*, and artiodactyl footprints *Pecoripeda amalphaea* and *Bifidipes velox* have been reported from Mukdadiya Formation (Karim et al., 2003; Abbassi et al., 2021). Proboscidean herd track reported from Miocene Baynunah Formation near Abu Dhabi (Bibi et al., 2012). Separate large artiodactyl footprints have been found in the Miocene sediments of Oman (Schulp et al., 2011). It seems that the conditions of creation or preservation of the vertebrate footprints in the Gotvand area was favorable rather than the other area, and this confirmed the presence of camels and crocodiles in the Zagros basin, for the first time.

5. Conclusion

Zagros basin has been under the continental environment in some intervals, and Agha Jari Formation is one of the continental sediments of the Zagros basin which deposited during the late Miocene to Pliocene. The Agha Jari Formation comprise alternations

of terrigenous of a regressive upward sequence, that formed as fluvial deposits of the braided and meandering rivers and fan environment of a warm paleoclimate. The Agha Jari Formation has high potential for the ichnological studies, so that previous reports of vertebrate footprints have been reported from this Formation. Unlike the tracks of large-sized birds that have been reported from the Agha Jari Formation in Ilam province or Kurdistan, NW

Iraq, the bird tracks of Agha Jari Formation are small-sized bird footprints in the studied section. These footprints include *Gruipeda dominguensis*, *Aviadactyla media*. The footprints of mammals include artiodactyl footprints (*Lamaichnum alfi*, *Lamaichnum* isp., *Pecoripeda satyri*, *Pecoripeda* isp.) and the tracks of canines (*Canipeda* isp.). Reptile footprints include crocodile footprints (*Hatcherichnus sanjuanensis*).

ارزیابی تنوع زیستی مهره داران میوسن در زاگرس: یافته‌های نوین از ردپای مهره‌داران سازند آغاچاری، خاور گتوند، استان خوزستان، جنوب باختری ایران

عبدالوهاب کاظمی^۱ و نصراله عباسی^{۲*}

^۱ اداره زمین‌شناسی، شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، اهواز، ایران

^۲ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

چکیده

سازند آغاچاری به سن میوسن تا پلیوسن در شمال استان خوزستان و در برش خاور گتوند از توالی ماسه‌سنگ، سیلت‌سنگ و مارن به رنگ سرخ تا قهوه‌ای به ستبرای ۷۸۸ متر می‌باشد. در بخش میانی این سازند، ردپاهای فراوانی از مهره‌داران یافت شد که شامل ردپای پرندگان کوچک جثه کنار آبزی (*Gruipeda dominguensis*, *Aviadactyla media*)، ردپای جفت‌سمان (*Lamaichnum alfi*)، ردپای سگ‌سانان (*Lamaichnum isp.*, *Pecoripeda satyri*, *Pecoripeda isp.*) و ردپای خزندگان بزرگ (*Hatcherichnus sanjuanensis*) است. ردپای جفت‌سمان بیشترین فراوانی را در میان ردپاهای یافت شده، دارند. با وجود چنین ردپاهایی، برای نخستین بار زیست شتران و کروکودیل‌ها در حوضه زاگرس اثبات می‌شود. گوناگونی اثرجنس‌ها یا اثرگونه‌ها در برش مورد مطالعه نشان می‌دهد که تنوع زیستی مهره‌داران میوسن در این منطقه نسبت به سایر مناطق زاگرس یا کشورهای همجوار بیشتر بوده است.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:

مهره‌داران

ردپا

میوسن

زاگرس

سازند آغاچاری

۱- پیش‌نوشتار

دیرینه‌شناسانی که بر روی مهره‌داران خشکی پژوهش می‌کنند، همیشه در جستجوی نشانه‌هایی از این گروه از جانوران در نهشته‌های قاره‌ای هستند. آنان با رسیدن به رسوبات قاره‌ای، با نگاهی کنجکاوانه و جستجوگر، لایه به لایه آنها را بررسی نموده و تلاش می‌نمایند تا بلکه، نشانه‌ای از مهره‌داران را پیدا کنند. یکی از سنگواره‌های با ارزش در این نوع مطالعات، ردپای مهره‌داران است که می‌تواند داده‌های ارزشمندی را در اختیار دیرینه‌شناسان قرار دهد. میلیون‌ها سال پیش، با مهاجرت مهره‌داران از دریا به خشکی، زیست‌بوم‌های جدید ایجاد گردید و اثر (trace) فعالیت مهره‌داران همچون رد پا، اثر خزیدن یا کشیدن دم، لانه‌گزیدن و آشیانه‌سازی بر روی رسوبات خشکی بر جای ماند (Hasiotis, 1999). این سنگواره‌ها در بازسازی زیستگاه‌ها و زیست‌بوم‌های گذشته زمین کاربرد ویژه‌ای دارند. چرا که از طرفی برجا هستند و از سوی دیگر، می‌توانند بازتابی از تنوع زیستی گذشته زمین باشند. در گام نخست، انجام تحقیقات بر روی اثر فسیل مهره‌داران، فهرست نمودن پراکنش نهشته‌های خشکی در هر پهنه زمین‌شناختی و برنامه‌ریزی برای پی‌جویی ردواره‌ها در آنهاست. این کار می‌تواند، یافتن اثر فسیل

مهره‌داران را تسریع نماید. در یک نگاه گذرا، در بیشتر جاها، سازندهایی که به رنگ سرخ هستند، از نشانه‌های ته‌نشست شدن آنها در محیط‌های خشکی بوده و می‌توانند یکی از اهداف پژوهش‌های برای دیرینه‌شناسی رد پای مهره‌داران باشد. با چنین انگاره‌ای، سازند آغاچاری در پهنه زمین‌شناختی زاگرس، در جنوب ایران از نهشته‌های مستعد دیرینه‌شناسی مهره‌داران است. سازند آغاچاری به سن میوسن تا پلیوسن رخنمون گسترده‌ای در زاگرس دارد (مطیعی، ۱۳۷۲) و پیش از این ردپاهایی از این سازند در ایران و عراق گزارش شده است (Lambrecht, 1938; Karim et al., 2003). نوشتار کنونی، دسته‌ای دیگر از ردپاهای پستانداران و پرندگان در سازند آغاچاری را گزارش می‌نماید و تلاش دارد بر یافته‌های دیرینه‌شناسی مهره‌داران در پهنه‌ی زاگرس بیفزاید. این ردپاها در رخنمونی از سازند آغاچاری در خاور شهر گتوند، در شمال استان خوزستان یافت شدند. برای دستیابی به رخنمون‌های پیمایش شده می‌توان از جاده گتوند به لالی بهره جست. شکل ۱، چگونگی دسترسی به برش‌ها و نقشه زمین‌شناسی محلی را نمایش می‌دهد.

* نویسنده مسئول: نصراله عباسی؛ E-mail: abbasi@znu.ac.ir

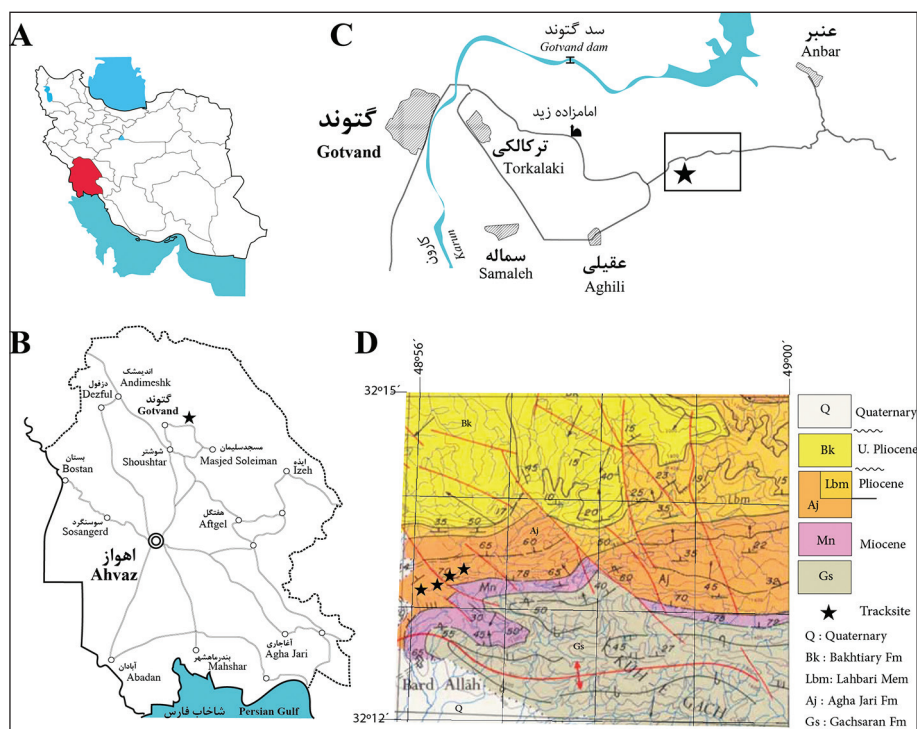
ماخذنگاری:

کاظمی، ع. و، عباسی، ن.، ۱۴۰۲، ارزیابی تنوع زیستی مهره داران میوسن در زاگرس: یافته‌های نوین از ردپای مهره‌داران سازند آغاچاری، خاور گتوند، استان خوزستان، جنوب باختری ایران. فصلنامه علمی علوم زمین، ۳۳(۲)، ۱۲۸-۲۹۹. <https://doi.org/10.22071/gsj.2022.360094.2029>

حقوق معنوی مقاله برای فصلنامه علوم زمین و نویسندگان مقاله محفوظ است. <https://doi.org/10.22071/gsj.2022.360094.2029> doi: 10.22071/GSJ.2022.360094.2029



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



شکل ۱- A) موقعیت استان خوزستان در نقشه ایران، B) موقعیت برش مورد مطالعه در خاور گتوند، C) راه‌های دسترسی محلی به برش مورد مطالعه در جاده گتوند به لالی، چهارگوش جای نقشه زمین شناسی در شکل D را نشان می‌دهد. D) نقشه زمین شناسی محل ردپاها در سازند آغاچاری (بر اساس پری و ستوده‌نیا- 1967, Perry and Setudehnia, OB'). موقعیت مکانی ردپاها، با علامت ستاره مشخص شده است.

Figure 1- A) Position of Khuzestan province in the map of Iran, B) position of studied section in the east Gotvand, C) road of Gotvand area, and studied section accessible by Gotvand-Lali road, quadrangle shows position of geological map of Fig. 1.D, D) geological map of tracksite in the Agha Jari Formation (modified from OB' Perry and Setudehnia, 1967). Stars show position of footprints.

۲- جایگاه زمین شناختی سازند آغاچاری

برش الگوی سازند آغاچاری به ستبرای ۲۹۶۵/۷ متر در کناره جاده امیدیه به قلعه حمود که از میدان نفتی آغاچاری می‌گذرد، معرفی شده است (James and Wynd, 1965). در این برش، سازند آغاچاری از ماسه‌سنگ‌های آهکی قهوه‌ای تا خاکستری و مارن‌ها و سیلت‌سنگ‌های سرخ رنگ با رگه‌های گچ کم فرسوده، است. مرز زیرین سازند آغاچاری با سازند میشان پیوسته و مرز بالایی آن با سازند کنگلومرای بختیاری ناپیوسته است. سازند آغاچاری با دو رخساره رسوبی در گستره‌ی زاگرس شناخته شده است (مطیعی، ۱۳۷۲)، در زیرپهنه‌های فارس و بندرعباس، شمال باختری دزفول و تا نزدیکی مرزهای ایران و عراق رخساره ماسه‌ای چیره است؛ و در برابر، در رخنمون‌های فارس نزدیک به کرانه‌های خلیج فارس و بخش‌های جنوبی تا میانی فروافتادگی دزفول رخساره مارن در سازند آغاچاری بیشتر است. از سویی دیگر، رخساره دریایی سازند آغاچاری در کرانه‌های خلیج فارس و در پیرامون جزیره قشم گزارش شده است (Bahrami, 2009; Pirouz et al., 2011). بخش لهری که پیش از این، واحد سنگی بختیاری زیرین نامیده می‌شد، دربردارنده سنگ‌های بالایی سازند آغاچاری به ستبرای بیش از ۱۵۷۵ متر است. این بخش، فرسایش یافته‌تر بوده و از سیلت‌سنگ‌ها، مارن‌های سیلتی و ماسه‌سنگ و رگه‌های گچی تشکیل شده است. سازند آغاچاری با شالوده‌ای از سنگ‌های آواری-مارنی چرخه‌ای و دانه‌ریز شونده به طرف بالا است و مطالعات رسوب‌شناسی نشان می‌دهند که محیط رسوبی سازند آغاچاری رودخانه ماندری با جهت جریان به سوی جنوب باختر بوده است (مطیعی، ۱۳۷۲؛

Ghazban and Motiei, 2009). تناوب کنگلومرا، ماسه سنگ و رس‌سنگ در این سازند جابه‌جایی جانبی زیر محیط‌های کانال، پوینت‌بار و دشت سیلابی را نشان می‌دهد و نهشته‌های گچی در آن نمایانگر وجود حوضچه‌های تبخیری فصلی در این محیط رسوبی هستند. تغییرات سنگ‌شناسی و ستبرای لایه‌های این سازند، به نوبه خود، نشان دهنده ته نشست‌های دیگر رسوبات در زیر محیط‌ها آن، مانند خاکریزهای طبیعی، آب‌کندها و کانال‌های رها شده هستند. در گذر میوسن تا پلیوسن پسین، محیط رسوبی رودخانه‌ای ماندری سازند آغاچاری در نهایت، جای خود را به محیط رسوبی پر انرژی رودخانه‌های بریده‌بریده سازند بختیاری داده است و در این میان، محیط رسوبی بخش لهری حد میانی این دو محیط رسوبی بوده است. بر پایه سنگواره‌های میکروسکوپی مانند روزن‌بران، استراکدها و کارفیت‌ها و همچنین سنگواره‌های درشت مانند دوکفه‌ای‌ها و استخوان مهره‌داران، سن سازند آغاچاری میوسن تا پلیوسن است (مطیعی، ۱۳۷۲؛ James and Wynd, 1965). بر پایه یافته‌های دیرین مغناطیس‌سنجی در رخنمون سازند آغاچاری در منطقه بالارود، سن این سازند از ۱۲/۸ تا ۳ میلیون سال برآورد شده است که در بازه زمانی میوسن میانی تا پلیوسن میانی است (Homke et al., 2004; Böhme et al., 2021).

۳- چینه‌نگاری سازند آغاچاری در خاور گتوند

سازند آغاچاری رخنمون گسترده‌ای در خاور و شمال استان خوزستان دارد. در منطقه

موقعیت ردپاها و چگونگی حفظ‌شدگی آنها نسبت به سطوح چین‌بندی، یادداشت موقعیت جغرافیایی ردپاها و عکس‌برداری‌های دقیق از آنها، انجام گردید. بخشی از کارهای صحرایی صرف تهیه قالب گچی از نمونه‌های بزرگ و غیرقابل برداشت ردپاها شد. بیشتر به عکس‌برداری از ردپاها بسنده شد، چرا که بیشتر ردپاها و مسیرهای حرکتی جانوران بر روی تخته‌سنگ‌های بزرگ قرار داشتند و امکان برداشت نمونه و حمل آنها مقدور نبود. در مجموع چهار نمونه برداشت شدند این نمونه‌ها با شماره‌های IFMI-603-606 در مجموعه شخصی یکی از نگارندگان (ن.ع)، دارای پروانه مجموعه‌داری از وزارت میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی، با شماره‌گذاری مصوب) ثبت و نگهداری شدند. پس از عملیات صحرایی، در کارگاه نمونه‌های برداشت شده، آماده‌سازی شدند. در آزمایشگاه تک تک نمونه‌ها و عکس‌ها بررسی شدند و اطلاعات هندسی و ریخت‌شناسی آنها، استخراج گردید. اطلاعات به‌دست آمده با گزارشات پیشین و موجود مقایسه شد و ردپاها از نظر ایکنوتاکسونومی در حد اثرجنس و اثرگونه تشخیص داده شدند. برای نمایش بهتر و کامل تر ردپاها، عکس و تصاویر در برنامه‌های نرم افزاری فتوشاپ و ادوب الیستریتور پردازش شدند. شکل ۳ چگونگی اندازه گیری ابعاد و زاویه های ردپاها را نشان می دهد.

۵- سیستماتیک

ردپاهای شناسایی شده پرندگان و پستانداران از دیدگاه سیستماتیک، دربرگیرنده ردسردها (ichnogenera) و ردگونه‌های (ichnospecies) زیر هستند. جدول ۱ اطلاعات ژئومتری ردپاهای مطالعه شده را نشان می‌دهد:

۵-۱- ردپای پرندگان

تعدادی از ردپای پرندگان کوچک جثه در دو افق چین‌شناسی از توالی مورد مطالعه یافت شدند که با ایکنوتاکسون زیر معرفی می‌شوند.

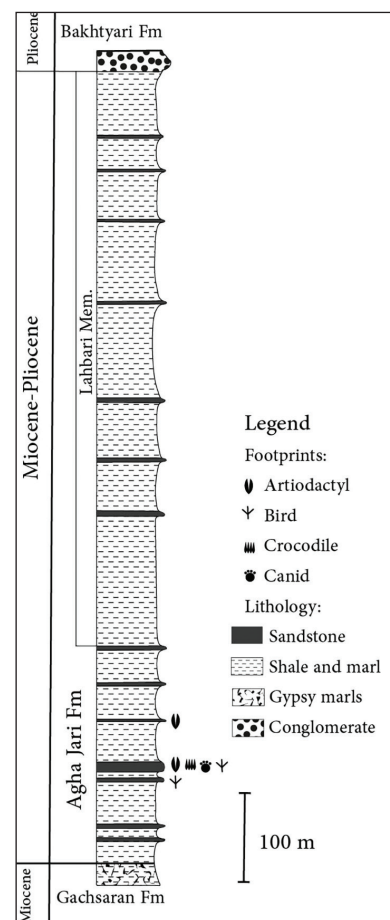
Ichnogenus *Gruipeda* Panin and Avram (1962)

— **ردگونه الگو** (*Gruipeda maxima* Panin and Avram (1962) (type ichnospecies): (تعیین شده توسط سارژانت و لانگستون) (Sarjeant and Langston (1994) از نهشته‌های میوسن کشور رومانی).

— **شناسه** (Diagnosis): ردپاهای چهار انگشتی پرندگان است که رد سه انگشت (انگشتان شماره II تا IV) به سوی جلو بوده و بزرگ‌تر هستند، انگشت شماره I که به سوی عقب رد آرایش دارد، کوچک‌ترین انگشت است. انگشتان سیخ مانند و کوتاه می‌باشند. زاویه میان انگشتان II و III و همچنین III و IV معمولاً کمتر از ۷۰ درجه است. رد انگشت I همراستا با رد انگشت میانی III نیست و زاویه میان انگشت I با انگشت II کمتر از زاویه میان I با انگشت IV است. در صورت خوب حفظ‌شدگی، انگشتان I تا IV به ترتیب ۲، ۳ و ۴ بند انگشت نشان می‌دهند. همچنین پرده میان انگشتان وجود ندارد (اصلاح شده توسط والایس و ملکور - de Valais and Melchor, 2008).

— **جستار** (Remarks): پانین و آورام (Panin and Avram, 1962) اثرجنس *Gruipeda* را برای نخستین بار از نهشته‌های میوسن رومانی (اشکوب محلی Vindobonian) با یک اثرگونه (monotypy) یعنی *Gruipeda maxima* معرفی نمودند. این رد پا شامل ردهای چهار انگشتی بدون پرده میان انگشتی (همانند پای اردک) است و در آن انگشتان جلویی کاملاً به هم پیوسته و چسبیده بوده و در آن یک اثر انگشت کوچک در عقب (انگشت I) دیده می‌شود. سارجانت و لانگستون (Sarjeant and Langston, 1994) تلاش نمودند که شناسه این اثرجنس را بر مبنای زاویه میان انگشتان II و III و انگشتان III و IV بازنویسی کنند. ولی از آنجا که ممکن است در ردپاهایی شماره‌گذاری ردپاها درست یا کامل نباشد، بنابراین، به کارگیری این شناسه چندان کار آ نخواهد بود. بر این پایه، والایس و ملکور (de Valais and Melchor, 2008) شناسه *Gruipeda* را بر مبنای ریخت‌شناسی به صورت ردپاهای چهار انگشتی در

شوشتر تا گتوند در شمال خاوری و شمال استان خوزستان، یعنی در میدان نفتی لالی، تاق‌دیس‌های شوشتر و سردشت؛ سازندهای گچساران، میشان، آغا‌جاری و بختیاری، بروزد گسترده‌ای دارند. سازند آغا‌جاری در این مناطق، با رخساره ماسه‌ای و بخش لهری آن نیز با ظاهری فرسوده و خاکی رنگ است. ردپاهای یافت شده در لایه‌های ماسه‌سنگ و سیلت‌سنگ سازند آغا‌جاری قرار دارند. برش مورد مطالعه به سبزی ۷۸۸ متر است که از توالی ماسه‌سنگ، سیلت‌سنگ و مارن به رنگ سرخ تا قهوه‌ای می‌باشد (شکل ۲). لایه‌های بالایی این سازند را بخش لهری می‌سازد و از مارن خاکی رنگ تا قرمز روشن با میان لایه‌های ماسه‌سنگ و سیلت‌سنگ است. لایه‌بندی چلیپایی، ریبیل مارک‌های جریانی، قالب ترک گلی، فلوت کست، ساخت شیاری و قالب وزنی ساخت‌های رسوبی عمومی در برش مورد مطالعه هستند. گذشته از ردپای مهره‌داران، اثر حفاری بی مهره‌گان و فسیل‌های گیاهی از دیگر سنگواره‌های موجود در این لایه‌ها هستند.



شکل ۲- ستون چین‌نگاری سازند آغا‌جاری در خاور گتوند و موقعیت ردپاها در آن.

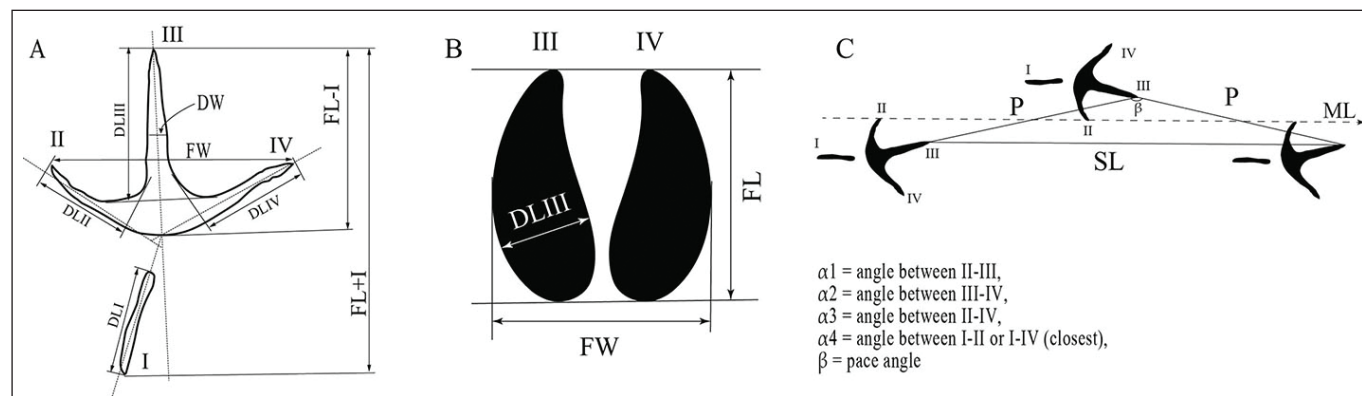
Figure 2. Stratigraphy column of Agha Jari Formation in the east Gotvand and position of the footprints.

۴- روش پژوهش

برای گردآوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز، ابتدا عملیات صحرایی انجام شد. این عملیات شامل برداشت‌های چین‌نگاری لایه‌ها، جهت ترسیم ستون چین‌شناسی، دست‌یابی به موقعیت چین‌شناسی رد پاها، نمونه‌برداری از برخی از ردپاها، بررسی

disjuncta (Panin and Avram, 1962), *Ardeipeda filiportatis* (Vialov, 1965), *Charadriipeda minor* و *Charadriipeda minima* (Panin and Avram, 1962) (Abbassi et al., 2015) (Panin, 1965)، این در حالی است که عباسی و همکاران (Abbassi et al., 2015) چنین ادغامی را نیازمند بررسی بیشتر دانسته و ترکیب سیستماتیک این اثر گونه‌ها را بازنگری کردند.

جلو و به هم چسبیده و یک اثر انگشت کوچک عقب پیشنهاد دادند. گذشته از این، سارجانت و لانگستون (Sarjeant and Langston, 1994) اثر گونه‌های *Gruipeda* را بازنگری کرده و بسیار از اثر گونه‌های مربوط اثر جنس‌های دیگر را در *Gruipeda* ادغام نمودند. این اثر گونه‌ها شامل: *Iranipeda abeli* (Lambrecht, 1938)، *Charadriipeda becassi* (Panin and Avram, 1962)، *Charadriipeda*



شکل ۳- چگونگی اندازه‌گیری بخش‌های یک ردپای پرند (A)، پستاندار جفت‌سم (B) و یک مسیر حرکتی (C). FL- درازای ردپا؛ FW- پهنای ردپا؛ I, II, III, IV, V شماره انگشتان با شماره گذاری از سوی درون به بیرون راستای رهگذر (trackway) DL و DW (digit length and digit width, respectively), P- pace, SL- straight length, ML- mid-line of trackway.

Figure 3. Geometry of footprints of bird (A), artiodactyl (B) and a trackway (C). FL- footprint length, FW- footprint width, I-V- coding of digits, DL and DW digit length and digit width, respectively, P- pace, SL- straight length, ML- mid-line of trackway.

اثر گونه *Gruipeda calcarifera* Sarjeant and Langston (1994), *Gruipeda intermedia* Panin (1965), *Gruipeda lambrechtii* MirzaieAtaabadi and Khazaei, 2004, *Gruipeda dominguensis* de Valais and Melchor (2008), *Gruipeda diabloensis* Remeika (1999) به عنوان اثر گونه‌ها معتبر اثر جنس *Gruipeda* شناخته می‌شوند. اثر گونه *Gruipeda dominguensis* از نظر ریخت‌شناسی با سایر اثر گونه‌ها باز شناخته می‌شود. به دلیل به هم پیوسته و چسبیده بودن انگشتان از اثر گونه‌های *Charadriipeda disjuncta* Panin and Avram (1962) و *Charadriipeda calcarifera* باز شناخته می‌شود. یک ویژگی خاصی که در نمونه‌های مورد مطالعه در سازند آغاچاری مشاهده می‌شود، وجود یک پرده میانی میان انگشتان III و IV بود که آن را نسبت به گزارش‌های پیشین اثر گونه *Gruipeda dominguensis* متمایز می‌کند. با این حال، با توجه به شباهت بیشتر نمونه‌های مورد مطالعه با شناسه *Gruipeda dominguensis* با همین نام معرفی می‌شوند.

Ichnogenus *Aviadactyla* (Kordos, 1985)

—ردگونه الکو: *Aviadactyla media* Kordos, 1985.

—شناسه: ردپاهای پرندگان سه انگشتی کوچک تا کمی بزرگ هستند. رد انگشتان نازک تا اندکی کلفت است که در نوک انگشتان، نازک می‌گردند و گاهی همراه با رد باریکی از چنگال است. پا، یا بدون رد نرمینه‌های بند انگشتان (pads) یا درز جدایشی میان نرمینه‌های انگشتان است. درازای انگشت میانی (III) تا ۲۵٪ درازتر از انگشتان کناری (انگشتان II و IV) است. اندازه بازشدگی میان انگشتان کناری (II-IV) به ۹۵° می‌رسد. انگشتان به سوی پاشنه همگرا هستند، ولی به هم نمی‌رسند و جدای از هم می‌باشند (هر چند، گاهی رد انگشت II با دنباله رد انگشت III پیوسته است). در این سرده، برجستگی و نرمینه میانی کف پا یا پرده میان انگشتان دیده نمی‌شود (Sarjeant and Reynolds, 2001).

Ichnospecies *Gruipeda dominguensis* de Valais and Melchor (2008)

شکل ۴

— نمونه (Material): بیست و دو ردپای کامل در سه تخته‌سنگ یافت شدند و در سر زمین مورد مطالعه قرار گرفتند. نمونه‌برداری انجام نشد.

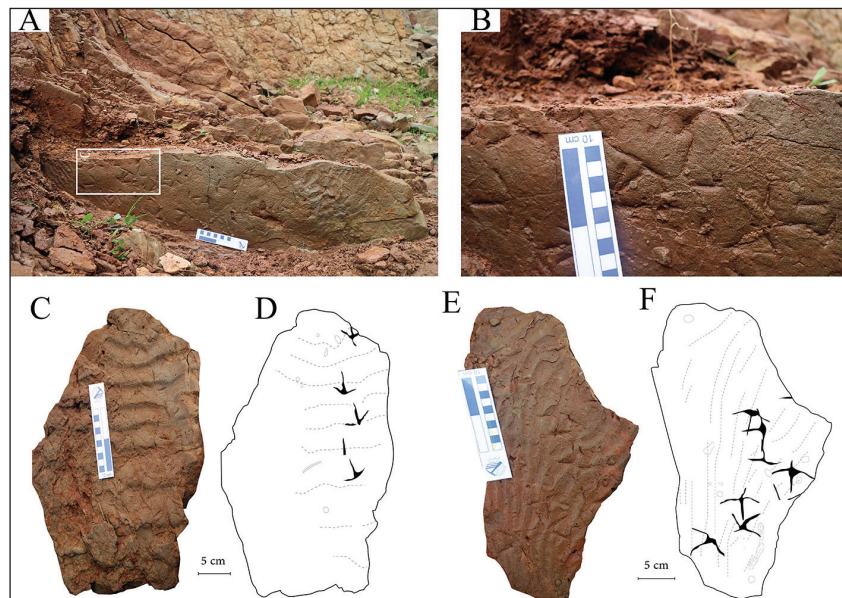
—شناسه: *Gruipeda* که سه تا چهار، اثر انگشت دارد و اغلب اندازه آنها کوچک‌تر از ۵ سانتی‌متر است. نسبت درازا به پهنای ردپا ۰/۷ تا ۰/۹ می‌باشد. ردپاها در یک مسیر حرکت، اندکی به سمت خط میانی مسیر حرکت چرخش داشته یا اصلاً ندارند. زاویه میان گام‌ها ۱۵۰ تا ۱۸۲ درجه است. طول گام در پاهای یک سمت ۲/۵ تا ۵ برابر درازای هر ردپاست. ردپاها اندکی نامتقارن هستند و زاویه میان انگشتان II و III بیش از زاویه میان انگشتان III و IV است و در کل، زاویه انگشتان II تا IV از ۹۵ تا ۱۳۵ درجه متغیر است. ترتیب بزرگی انگشتان $IV < III < II < I$ است. اثر انگشت I در نیمی از ردپاها دیده می‌شود که در راستای خط میانی تا سمت عقبی رد پاهاست. اثر کف پا به شکل لوزی است (de Valais and Melchor, 2008).

— ویژگی‌ها (Description): این ردپاها شامل ردپای پرندگان کوچک جثه است که به صورت فرورفته در سطح بالایی رسوب حفظ شده‌اند. بیشتر این ردپاها، اثر سه انگشتی هستند و اثر انگشت I یا وجود ندارد، یا به صورت باریک و کوچک و نسبت به خط میانی ردپا کج هست. اثر انگشتان نامتقارن می‌باشد و زاویه میان انگشتان II و III بیش از زاویه میان انگشتان III و IV است. در بیشتر ردپاها اثر انگشتان در بخش میانی پا به هم پیوسته هستند و به طور اندک در میان انگشتان III و IV اثر یک پرده میان انگشتی کوچک دیده می‌شود. اثر انگشتان باریک و نوک تیز بوده و اثر بند انگشت دیده نمی‌شود. اندازه گام در یک مسیر حرکت متغیر است. جدول ۱ داده‌های هندسی این ردپاها را نشان می‌دهد.

— جستار: تفکیک میان اثر گونه‌های *Gruipeda* اغلب بر مبنای ریخت‌شناسی ردپاهاست و به‌رغم ادغام و مترادف دانستن بسیار از اثر گونه‌ها با *Gruipeda* پنج

نسبت *Aviadactyla* و Currie, 1981 و (1969) *Koreanaornis Kim* اشاره نمود. *Aviadactyla* به *Aquatilavipes* اندازه کوچک تر داشته و اثر انگشتان در *Aquatilavipes* باریک و با نوک تیزاند که در بخش عقبی به هم متصل هستند. اثر جنس در داشتن اثر رد انگشت چهارم مورد بحث بوده و همچنین در اثر بند انگشتان دیده می شود.

– **جستار:** *Aviadactyla* ردپاهای پرندگان کوچک تا متوسط جثه است که معمولاً بزرگی ردپاها کمتر از پنج سانتی متر است. به لحاظ ریختی، این ردپاها به اثر جنس *Avipeda* Vialov 1965 شبیه هستند ولی به دلیل این که در *Aviadactyla* اثر بند انگشتان، اثر کف پا و پرده میان انگشتی دیده نمی شود، از *Avipeda* متمایز است. از سایر اثر جنس های شبیه به *Aviadactyla* می توان به *Aquatilavipes*



شکل ۴- A تا F) اثر گونه *Gruipeda dominguensis* به صورت ردپاهای سه تا چهار انگشتی که به صورت فرورفته در سطح بالایی رسوب باقی مانده اند.

Figure 4- A-F) ichnospecies *Gruipeda dominguensis* as tri- to tetradactyl footprints, preserved as concave epireliefs.

چنگال و انگشتان مستقیم آن را از سایر اثر گونه های مشابه متمایز می کند. از اثر گونه در نهشته های قرمز میوسن ایران مرکزی و البرز نیز گزارش شده است که از نظر ریختی و اندازه شبیه هم هستند (Abbassi et al., 2015). اثر گونه *Aviadactyla media* از اثر گونه *Aviadactyla vialovi* به دلیل نداشتن اثر کف پا و از اثر گونه *Aviadactyla panini* به دلیل اندکی نامتقارن بودن متمایز است.

۵-۲- ردپای پستانداران – ردپای جفت سمان

در میان ردپاهای یافت شده در منطقه مورد مطالعه، ردپای جفت سمان بیشترین تنوع و فراوانی را دارند. بیشتر آنها به صورت برجسته در سطح زیرین لایه بندی حفظ شده اند و شامل اثر جنس های زیر هستند. جدول ۱ اطلاعات ژنومتری ردپاهای مطالعه شده را نشان می دهد.

Ichnogenus *Lamaichnum* Aramayo and Manera de Bianco, 1987

– **رد گونه الگو:** *Lamaichnum guanicoe* Aramayo and Manera de Bianco, 1987
– **شناسه:** ردپای دو انگشتی نیمه پنجه رو (Subdigitigrade)، بخش جلویی نوک دار و بخش پشت رد، گرد است. دامنه اندازه آن از ۴۰ تا ۲۶۰ میلی متر است که با این ویژگی از ردپای دیگر جفت سمان نشخوار کننده (مانند *Pecoripeda*) باز شناخته می شود. همواره رد سُم ها آرایش همگرایی ندارند و هم راستا یا واگرا از هم هستند.

Ichnospecies *Aviadactyla media* Kordos, 1985

شکل ۵

– **نمونه:** دو ردپای پی در پی در یک تخته سنگ یافت شدند، از رد کامل قالب گچی تهیه و برداشت شد.

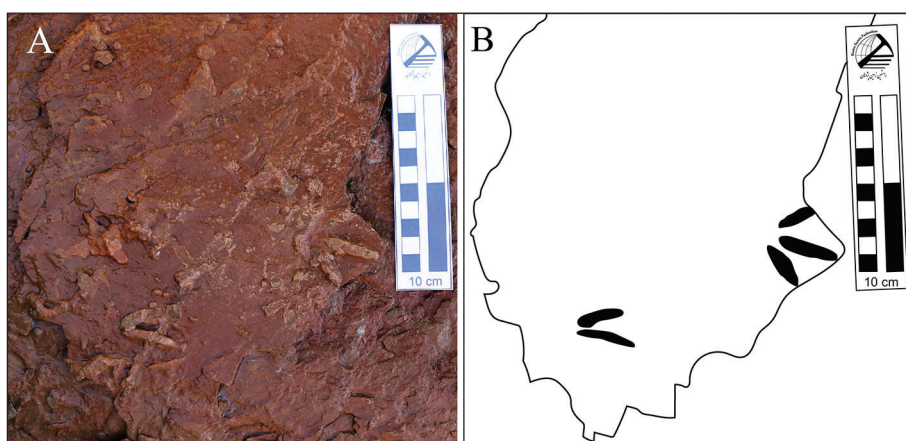
– **شناسه:** ردپای سه انگشتی پرنده کوچک تا متوسط جثه است. رد هر سه انگشت باریک سیخ مانند و با فرورفتگی اندک است. انگشت میانی درازترین هست و جلوتر از رد انگشتان کناری است. بخش عقبی انگشت داخلی (انگشت III) در حفظ شدگی های معمولی با فاصله بیشتری از خط میانی انگشت میانی (III) قرار دارد، بنابراین اندکی نامتقارن است (Kordos, 1985).

– **ویژگی ها:** این ردپاها، جای پای پرندگان کوچکی هستند که به صورت برجسته در سطح زیرین یک لایه سیلت سنگ رسی قرمز برجای مانده اند. به دلیل فرسایش پذیر بودن، بخش بیشتری از ردپاها زدوده شده و فرسایش یافته اند و تنها دو ردپای مربوط به یک مسیر حرکت که یکی هم ناقص است باقی مانده اند. اثر انگشتان از همدیگر جداست و انگشتان به صورت بیضی کاملاً کشیده هستند. انگشت میانی بزرگ تر از انگشتان کناری است. اثر چنگال یا بند انگشت در آنها دیده نمی شود. انگشت داخلی کمی عقب تر انگشتان دیگر و زاویه میان انگشت II-III کمتر از زاویه میان انگشت III-IV است. بنابراین اندکی ردپاها نامتقارن هستند. رد انگشتان در بخش میانی بیشترین پهنا را نشان می دهد.

– **جستار:** اثر گونه *Aviadactyla media* یکی از گونه های شناخته شده در میان ردپاهای پرندگان کوچک جثه است. نداشتن اثر بند انگشت، پرده میان انگشتی و

در بازنگری ردپای شتران همه نام‌های منتسب به ردپای شتران را، در اثرجنس *Lamaichnum* Aramayoand Manera de Bianco, 1987 ادغام کردند و آن را با دو اثرگونه کوچک (*L. guanicoe*) و اثرگونه بزرگ (*L. macropodum*) معرفی کردند. مبنای این ادغام اندازه بوده و ریخت‌شناسی معیار اصلی نبوده است. با این حال، با بررسی همه جانبه ویژگی رد پا به نظر می‌رسد این ادغام چندان رضایت‌بخش نبوده و می‌توان برخی از اثرجنس‌ها و اثرگونه‌های ردپای شتران را معتبر دانست. بنابراین، ما ترجیح می‌دهیم، از نام‌گذاری‌های پیشین استفاده کنیم و آنها را معتبر بدانیم.

کم و بیش اندازه بخش پسین رد پا، بیشتر و پهن‌تر هست و ریختی، دل مانند (♥) به ردپا می‌دهد. در راستای درازا یا بخشی از درازای رد، انگشتان به هم چسبیده یا جدای از هم هستند و یک شیار در میان آنها دیده می‌شود (Lucas and Hunt, 2007).
- **جستار:** داشتن رد قلبی شکل که از سمت جلو و عقب بازشدگی میان انگشتان وجود داشته باشد، از شاخص‌های ردپای شتران است. ویالف (Vialov 1965) در معرفی ردپاهای مهره داران میوسن باختر اوکراین ردپاهایی منتسب به شتران را با نام *Camelipeda* نام‌گذاری نمود ولی در این نام‌گذاری، نمونه یا گونه الگویی، مشخص نکرد. بنابراین لوکاس و هانت (Lucas and Hunt, 2007)



شکل ۵- A, B) عکس و ترسیم ردپای پرنده *Aviadactyla media* به صورت ردپاهای سه انگشتی که اثر انگشتان از هم جدا هستند و به طور برجسته در سطح زیرین لایه‌بندی حفظ شده‌اند.

Figure 5- A,B) photo and sketch of *Aviadactyla media* as isolate tridactyl and preserved as convex hyporeliefs.

جدول ۱- اطلاعات ابعادی ردپاهای مورد مطالعه در سازند آغاچاری (بر حسب mm)

Table 1. Geometry data of studied footprints in the Gotvand, N Khuzestan, SW Iran (in mm)

Footprint taxa	No.	Footprint Length	Footprint width	Digit length				Interdigital angle			stride	Pace	Pace angle
				I	II	III	IV	I-II	II-III	III-IV			
<i>Gruipeda dominguensis</i>	6	40	53	10	17	28	21	-	70	57	103	56	145
<i>Aviadactyla media</i>	2	35	45	-	27	35	25	-	33	50	-	123	-
<i>Lamaichnum alfi</i>	14	63	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lamaichnum isp.</i>	2	100	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pecoripeda satyri</i>	6	25	43	-	-	-	-	-	-	-	406	213	145
<i>Pecoripeda isp.</i>	10	36	26	-	-	-	-	-	-	-	-	220	-
<i>Canipeda isp.</i>	4	50	65	-	-	-	-	-	-	-	350	220	160
<i>Hatcherichnus sanjuanensis</i>	2	55	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- **شناسه:** اثرگونه *Lamaichnum* در اندازه متوسط است. رد دست اغلب بیضوی با اثر ناخن سه گوشه کوتاه و نوک گرد است. بخش عقبی پهن‌تر از جلوی آن است. همراه با شکاف ۷ شکل هم‌اندازه در هر دو سوی جلو و عقب ردپاست. محور رد سم‌ها به سوی جلو خمیده است و به سمت عقب ردها همگرا می‌گردد (زاویه میان انگشتان تقریباً ۳۵° است، لیکن نسبت به نوع بستر متغیر است). طول انگشتان یکسان

Ichnospecies *Lamaichnum alfi* Sarjeant and Reynolds, 1999

شکل‌های ۶ و ۷

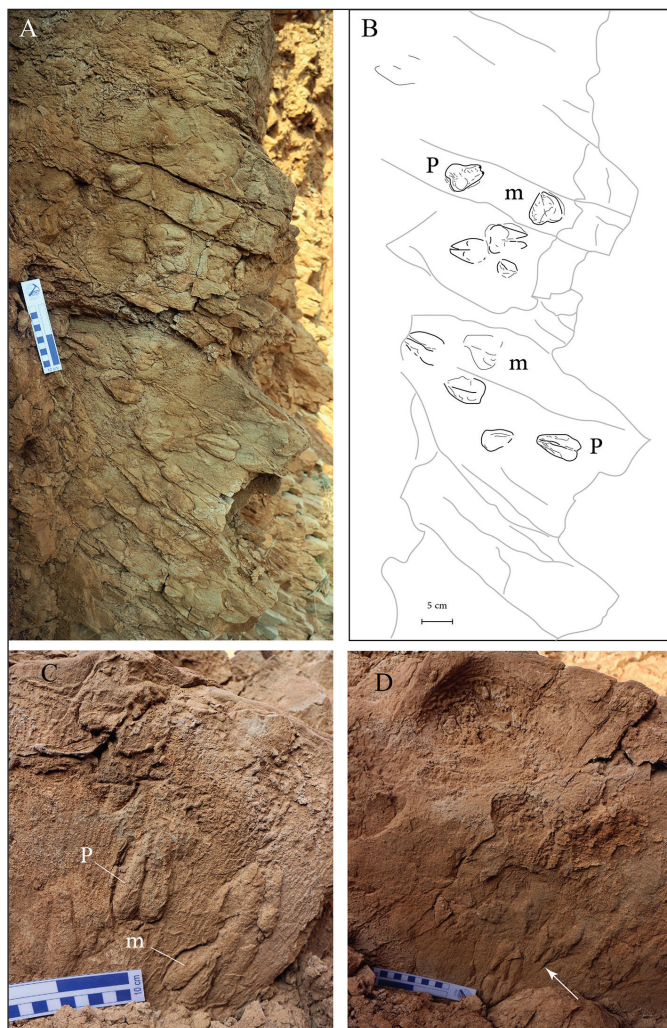
- **نمونه:** بیش از ۴۵ عدد که به صورت قالب طبیعی و برجسته در سطح زیرین لایه‌بندی حفظ شده‌اند. این رد پاها در افق‌های بالایی توالی چینه‌شناسی مورد مطالعه و در دو لایه یافت شدند. نمونه در صحرا مطالعه شدند و نمونه برداری نشدند.

میان انگشتان در بخش جلویی رد پا آشکارتر و درازتر است و در بخش عقبی بیشتر کوتاه تر و ناواضح تر است.

– **جستار:** نمونه‌های یافت شده در سازند آغاچاری به لحاظ اندازه به اثرجنس *Lamaichnum* نزدیک تر است. اثرگونه *Lamaichnum alfi* از سازندبارس تو به میوسن کالیفرنیا و از میان مجموعه فسیل‌های ردپای موزهی Raymond Alf تشخیص و نامگذاری شده است (Sarjeant and Reynolds, 1999). لوکاس و هانت (Lucas and Hunt, 2007) در بازنگری ردپاهای شتران و شبیه آنها بسیاری از اثرگونه‌های *Lamaichnum* و از جمله اثرگونه *Lamaichnum alfi* را در اثرگونه مترادف *Lamaichnum guanicoe* Aramayo and Manera de Bianco, 1987 دانسته و در آن ادغام نمودند. مترادف دانستن اثرگونه‌ها مستلزم بازنگری ویژگی اثرگونه اصلی است، چرا که در این حالت، ریخت‌های مختلفی را شامل می‌شود. این در حالی است که شناسه و ویژگی بازنگری شده‌ای (emended diagnosis) توسط لوکاس و هانت (Lucas and Hunt, 2007) ارائه نشده است. اثرگونه *Lamaichnum etoromorphum* Sarjeant and Reynolds, 1999 ردپای شترانی است که در آن رد دست کوچک‌تر از رد پا بوده و رد پا با اثر ناخن‌های مشخص است. همچنین اثر انگشتان در آن در بخش جلویی و عقبی از هم باز هستند. رد پاهای آغاچاری نیز از نظر اندازه و ریخت کلی به اثرگونه *Lamaichnum etoromorphum* بسیار شبیه هستند ولی چه در بخش جلو و چه در عقبی بازشدگی و چاک میان انگشتان دیده نمی‌شود و این که فاقد اثر ناخن آشکار می‌باشند.

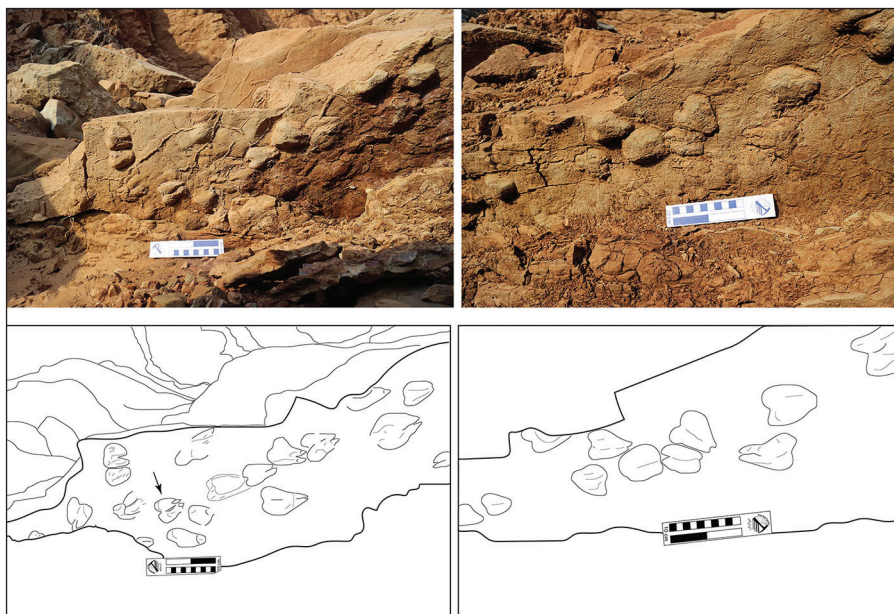
است. رد پا باریک‌تر از رد دست و تقریباً در کناره به صورت نیمه بیضوی است. اثر ناخن‌ها کوتاه و نوک‌تیز است. رد پا در بخش عقبی پهن‌تر از بخش جلویی، هستند. چاک میان انگشتان در سمت جلو به صورت V عمیق و در بخش عقبی به صورت شکاف گوشه‌دار است. محور رد سم‌ها به سوی جلو خمیده است و به سمت عقب رد پا همگرا می‌گردد (زاویه میان انگشتان تقریباً ۲۰° است، لیکن نسبت به نوع بستر متغیر می‌باشد، طول انگشت IV اندکی درازتر از انگشت III است). در رد پای کم عمق، چاک میان انگشتان به طور کامل رد انگشتان را از هم جدا می‌کند. در رد دست محل اتصال انگشتان به صورت عدسی شکل باریک است، که در سمت جلو و عقب به می‌رسند ولی در رد پا محل اتصال انگشتان عمیق‌تر بوده و در بخش عقب بازتر است.

– **ویژگی‌ها:** این ردپاها شامل دو اثر انگشت چسبیده به هم هستند که شکل قلب مانند دارند. رد پا کشیده‌تر و درازتر از رد دست می‌باشد. اثر انگشتان پا به صورت دو رد کشیده هستند که انگشت IV اندکی عقب‌تر از انگشت III هست ولی نوک انگشتان به هم می‌رسد و باز شدگی میان دو انگشت مشاهده نمی‌شود. سطح اثر انگشتان صاف است ولی در برخی از رد پاها سطح انگشت با چین و چروک است. اثر ناخن در رد پا دیده نمی‌شود. طول رد دست در این دسته از جا پاها، اندکی کوچک‌تر از رد پا بوده ولی پهنای بیشتری دارد و حالت گردتری را نشان می‌دهد. در ردپاها اثر ناخن دیده نمی‌شود و تنها در برخی از ردپاها اثر ناخن کوچک فرسایش یافته وجود دارد. بیشترین برجستگی در قالب ردپاها در بخش عقبی رد پا مشاهده می‌شود. چاک



شکل ۶- A, D) اثر فسیل ردپای شتران، *Lamaichnum alfi* در توالی مورد مطالعه. رد دست گردتر (m) و رد پا (p) کشیده تر است. در برخی از رد پا اثر ناخن در سم دیده می‌شود (پیکان).

Figure 6- A, D) camel footprints, *Lamaichnum alfi* in the studied area, manus imprint is ovoid and pes imprint is elongate, some footprints have claw imprints (arrow).



شکل ۷- تعدادی دیگر از اثر فسیل ردپای شتران، *Lamaichnum alfi* در توالی مورد مطالعه. برخی از ردپا تنها به صورت برجستگی با شیار ناواضح هستند و برخی دیگر به خوبی چاک میان انگشتان در سم را نشان می دهند. در برخی از ردپا اثر ناخن دیده می شود (پیکان).

Figure 7. Other camel footprints of studied section, *Lamaichnum alfi* as convex hyporeliefs with ambiguous to clear mid furrow, and claw imprints in some of footprints (arrow).

و ریخت قلبی شکل شناسایی می شوند. ردپای جفت سمان از ائوسن تا کواترنری شناخته شده هستند. اثر جنس های این گروه از ردپاها معمولاً بر مبنای شکل کلی ردپا، شکل هر یک از انگشتان و اندازه معرفی شده اند. بر همین اساس اثر جنس های معرفی برای جفت سمان عبارت است از (Abbassi et al., 2016; Abbassi, 2022):

Anoplotheriopus Ellenberger (1980)

Bifidipes Demathieu et al. (1984)

Bijugopoda Sarjeant and Reynolds (1999)

Bothriodontipus Santamaria et al. (1990)

Camelipeda Vialov (1984)

Camelopichnum Remeika (2001)

Diplartipus Ellenberger (1980)

Dizygopodium Sarjeant and Reynolds (1999)

Gambapes Sarjeant and Langston (1994)

Lamaichnum Aramayo and Manera de Bianco (1987)

Megalamaichnum Aramayo and Manera de Bianco (1987)

Megapecoripeda Kordos (1985)

Odocoileinichnum Aramayo and Manera de Bianco (1987)

Paracamelichnum Pérez-Lorente et al. (2009)

Pecoripeda Vialov (1965)

Tayassuichnum Remeika (2001)

در میان این ایکنوتاکسون ها، بازنگری هایی انجام شده است و همان گونه که پیش تر گفته شد، به باور لوکاس و هانت (Lucas and Hunt, 2007) اثر جنس های *Camelipeda*، *Megalamaichnum*، *Dizygopodium* مترادف با اثر جنس *Lamaichnum* هستند.

Ichnospecies *Lamaichnum isp.*

شکل ۸

— نمونه: دو نمونه

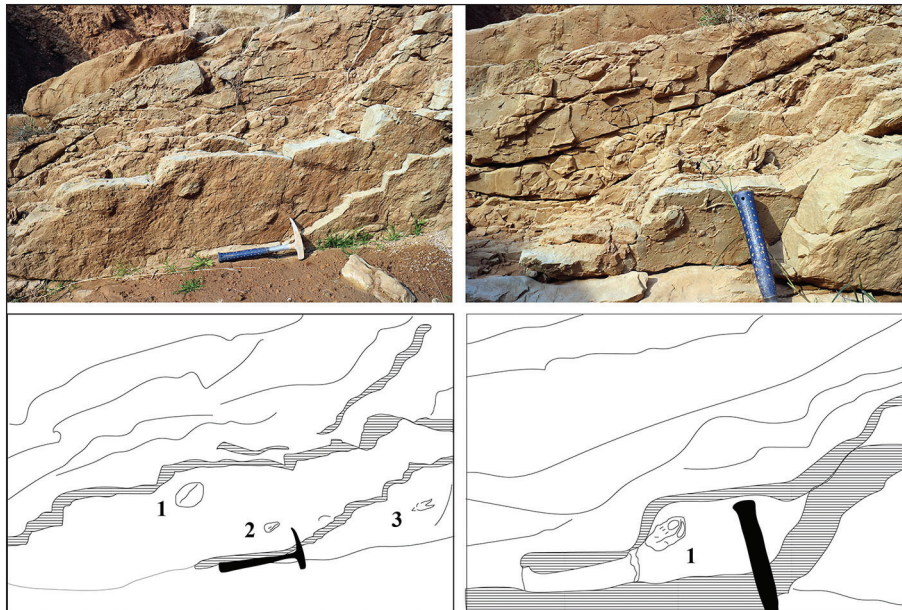
— ویژگی ها: رد پاهایی به نسبت بزرگ که به صورت برجسته در سطح زیرین لایه بندی و با حفظ شدگی به نسبت بد باقی مانده اند. هر جفت سم به هم چسبیده و کشیده هستند. سطح ردپا ناصاف است و در بخش هایی فرسوده شده است. در یکی از ردپا چاک میان انگشتان (سم ها) در سرتا سر رد، وجود دارد و در دیگری آشکار نیست. اندازه این ردپا به نسبت بزرگ تر است. هر کدام از این ردپا به صورت تکی یافت شدند و مسیر حرکت و این که هریک رد دست و پا باشند آشکار نیست. اندازه سم ها برابر است.

— جستار: به دلیل اینکه این ردپاها از حفظ شدگی خوبی برخوردار نیستند و به صورت منفرد یافت شدند، تشخیص اثر گونه آنها امکان پذیر نیست. با توجه به اندازه نسبتاً بزرگ و شکل رد انگشتان می توان آنها را به *Lamaichnum* نسبت داد (شکل ۸).

Ichnogenus *Pecoripeda* (Vialov, 1965)

— رد گونه الگو: *Pecoripeda gazella* (Vialov, 1965)

— شناسه: ردپای جفت سمان با ریخت گوه مانند و کشیده است که شامل رد دو سم در دست و پا است. ریخت رد دست و پا یکسان است، هر چند که گاهی هم اندازه نیستند. رد انگشت میانی (III) و رد انگشت کناری (IV) همیشه جدای از هم هستند و جای خالی در میان دو انگشت دیده می شود. لبه انگشتان میانی و کناری همسان است و در هر دو پهن ترین جای سم ها، در بخش پشتی است. رد انگشتان در بخش جلو نوک دار شده و راستای رد انگشتان بسته به تندی گام زدن، همگرا یا واگرا هستند. بیشینه پهنای در هر سم کمتر از ۳۵٪ درازی همان سم است (Sarjeant and Langston, 1994). — جستار: ردپای جفت سمان به راحتی با داشتن اثر دو انگشت (انگشتان IIII)



شکل ۸- اثر فسیل *Lamaichnum isp.* که به صورت رد پای بزرگ و گرد با چاک ناواضح است (عدد ۱). به همراه سایر آثار ردپای جفت سمان *Pecoripeda gazella* (عدد ۲) و *Pecoripeda isp.* (عدد ۳). طول چکش برای مقیاس برابر ۳۰ سانتی متر و پهنای دسته آن برابر ۳/۵ سانتی متر است.

Figure 8. *Lamaichnum isp.* as large ovoid footprint with ambiguous mid-furrow (number 1), with *Pecoripeda gazella* (number 2) and *Pecoripeda isp.* (Number 3). Length of hammer is 30 cm and width of hammer handle is 3.5 cm.

Ichnospecies *Pecoripeda isp.*

شکل ۱۰

— **نمونه:** بیش از ۲۵ عدد که به طور پراکنده در سطح بالایی رسوب یافت شدند، از تعداد شش عدد از آنها قالب گچی تهیه شد.

— **ویژگی‌ها:** این ردپاها مربوط به جفت‌سمانی در اندازه کوچک هستند. اثر انگشتان به صورت سُم‌هایی باریک و کشیده و با نوک هستند که نسبت به همدیگر با زاویه باز قرار دارند و شبیه عدد ۷ می‌باشند. رد انگشتان در بخش عقبی به هم وصل، یا از هم جدا هستند. اثر انگشتان در بخش عقبی پهن تر است. کناره بیرونی سُم‌ها صاف و مستقیم می‌باشد. بخش عقبی ردپاها گرد است.

— **جستار:** آنچه این ردپای جفت‌سم را از سایر ردپاهای جفت‌سم گزارش شده متمایز می‌کند، زاویه باز میان انگشتان و واگرا بودن سُم‌ها چه در رد دست، و چه در رد پا از همدیگر است. اثر گونه *Pecoripeda djali* Vialov, 1965 زاویه بازی میان انگشتان پا نشان می‌دهد ولی در رد دست سُم‌ها با زاویه بسته و همگرا در بخش جلویی هستند. همچنین لبه ردپاها نیمه گرد است.

— ردپای سگ‌سانان

Ichnogenus *Canipeda* (Panin and Avram, 1962)

— **ردگونه انکو:** *Canipeda longigriffa* Panin and Avram, 1962

— **شناسه:** ردپای پنجه‌رو تا نیمه پنجه‌رو است. ریخت پاراکسون (paraxonic) داشته و درازای آن بیش از پهناست. راه گذری چهار دست و پای و هم اندازه (homopodial) دارد. تک‌تک ردپاها ریخت تخم‌مرغی و هم‌اندازه‌ای دارند. در جلوی رد کف پا، انگشتان با رد چنگال‌ها آرایش کمائی داشته و به خوبی از کف پا جدا هستند. ریخت رد کف پا گرد تا سه گوشه یا چهار گوش با یال کناری خم است (بازنگری Melchor et al., 2019).

— **جستار:** در نمونه‌های عهد حاضر، ردپای چهارانگشتی با الگوی حرکتی

Ichnospecies *Pecoripeda satyri* (Vialov, 1965)

شکل ۹

— **نمونه:** سه جفت رد دست و پا در یک مسیر حرکت و یک عدد منفرد که به صورت قالب طبیعی و برجسته در سطح زیرین لایه‌بندی حفظ شده‌اند.

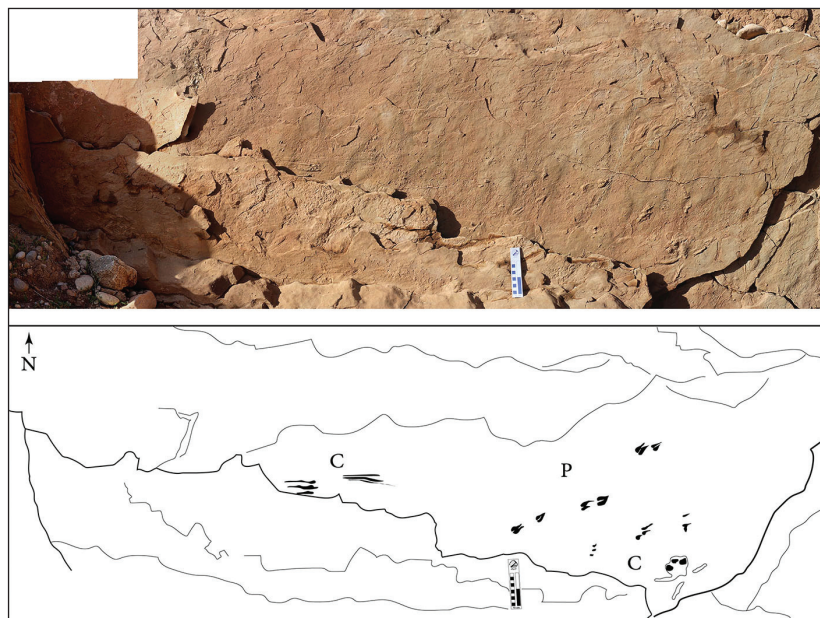
— **شناسه:** *Pecoripeda* که شکل گوه مانند باریک است و در بخش عقبی پهن تر و در بخش جلویی نوک تیز تر می‌شود. طول ردپا ۳۵ تا ۴۲ میلی‌متر است (Vialov 1966).

— **ویژگی:** ردپاهای یافت شده در سازند آغاچاری به صورت اثر جفت‌سم هستند. در یکی از لایه‌ها سه جفت مربوط به یک مسیر حرکت یافت شدند. اثر انگشتان به صورت قطره‌ای شکل کشیده که در بخش عقبی بیشترین خمیدگی را دارد و به سوی جلوی رد نوک تیز می‌گردند. انگشتان اندازه یکسان داشته و قرینه هم هستند. چاک آشکار میان انگشتان به صورت شیار مستقیم و با عمق یکنواخت در میان اثر انگشتان هست. رد دست (۴ mm) اندکی بزرگ‌تر از رد پا (۳/۷ mm) است. محور میانی انگشتان به موازات هم است.

— **جستار:** اثر جنس *Pecoripeda* با چهار زیرجنس معرفی شده است که شامل *Pecoripeda*, *Gazellipeda*, *Ovipeda* و *Cervipeda* می‌باشد ولی نام این زیرجنس‌ها کمتر به کار رفته است (Vialov, 1966). زیرجنس *Pecoripeda* (*Gazellipeda*) خود دو ردگونه *P. (Gazellipeda) gazella* و *P. (Gazellipeda) amalphaea* دارد. تفاوت این در از نظر اندازه نسبت به هم بوده به گونه‌ای که نسبت طول به عرض در گونه *P. gazella* بیش از اثرگونه *P. amalphaea* است. برای زیرجنس *Pecoripeda* (*Ovipeda*) نیز دو اثرگونه معرفی شده است که شامل *P. (Ovipeda) satyri* و *P. (Ovipeda) diabolic* می‌باشد. اثرگونه *P. satyri* نسبتاً بزرگ و به شکل سه گوشه تخم‌مرغی است. لبه میانی ردپاها به موازات هم و مستقیم است و به طول ۵۰ mm است. اثرگونه *P. diabolic* کوتاه‌تر بوده و به طول ۴۰ mm به شکل سه گوش با بخش عقبی کشیده است. نمونه مورد مطالعه از سازند آغاچاری بسیار با نمونه هولوتایپ به تصویر در آمده توسط ویالف (Vialov, 1965) شباهت دارد هر چند که اندکی کوچک‌تر از آن است.

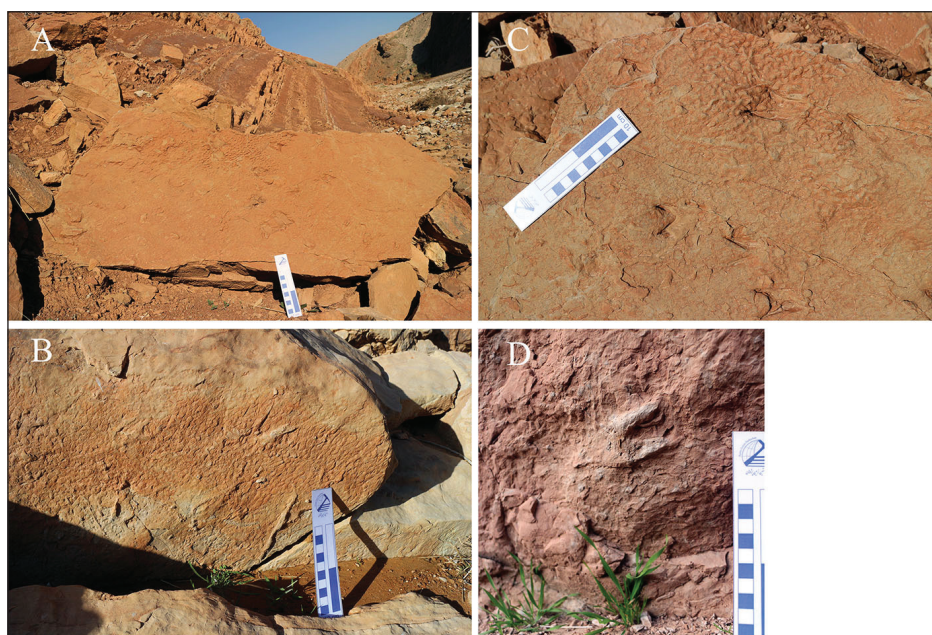
اثر نرمه کف پا (آرایش H در روباه خاکستری، X در گرگ آمریکای شمالی، C در گربه بایکت) و وجود یا نبود اثر چنگال (وجود دائمی اثر چنگال در رد پای سنگ سانان) است.

قدم زدن، یورتمه رفتن و دویدن گوشت خواران را به گروه های گربه سانان و سنگ سانان نسبت می دهند (Levine and Mitchell, 2001). تمایز این دو گروه در اندازه، شکل انگشتان و اثر کف پا، آرایش انگشتان نسبت به همدیگر و نسبت به



شکل ۹- رد پای پستاندار جفت سم کوچک جنه (*Pecoripeda satyri*)، که شامل سه جفت رد دست و پا در یک مسیر حرکتی است (P) و همراه با آثار رد پای کروکودیل (C) به صورت کشیده شدن انگشتان دست و پا در سطح رسوب در طی شناسه و همچنین آثار فراوان بی مهره گان وجود دارد.

Figure 9. Small artiodactyl footprints, *Pecoripeda satyri* include three pairs of manus and pes imprints in a trackway (P) with crocodile footprints (C) as swimming digit drag marks and numerous invertebrate traces.



شکل ۱۰- A-D) رد پایهای جفت سم *Pecoripeda* isp. به صورت رد سم های باریک و با زاویه باز میان سم ها و با لبه کناری مستقیم است.

Figure 10- A-D) artiodactyl footprints *Pecoripeda* isp. as narrower and wide digit imprints with straight outline.

Ichnospecies *Canipeda* isp.

شکل ۱۱

— **نمونه:** شش ردپا در یک لایه گل سنگ ماسه‌ای یافت شدند که فرسوده شده بودند. چهار تا از ردپاها مربوط به یک مسیر حرکت هستند. نمونه برداری نشده و در صحرا بررسی شدند.

— **ویژگی:** ردپاها به صورت فرو رفته در سطح بالایی رسوب هستند. با توجه به عمق ردپا و وضعیت انگشتان، گویای فرورفتن جانور در گل و کشیده شدن انگشتان بر روی سطح رسوب می‌باشد. اثر کف پا بیضوی و اثر انگشتان به صورت شیار باریک و کشیده است.

— **جستار:** ردپای گوشت خورانی چون سگ سانان و گربه سانان با داشتن چهار انگشت در دست و پا و با کف پای گرد تا سه گوشه شناخته می‌شوند. ردپای سگ سانان همواره با داشتن رد چنگال از ردپای گربه سانان باز شناخته می‌شوند. سرده *Canipeda* افزون بر رد گونه *C. longigriffa* Panin and Avram, 1962

چهار رد گونه پذیرفته شده و معتبر دیگر دارد که به شرح زیر است (Melchor et al., 2019):

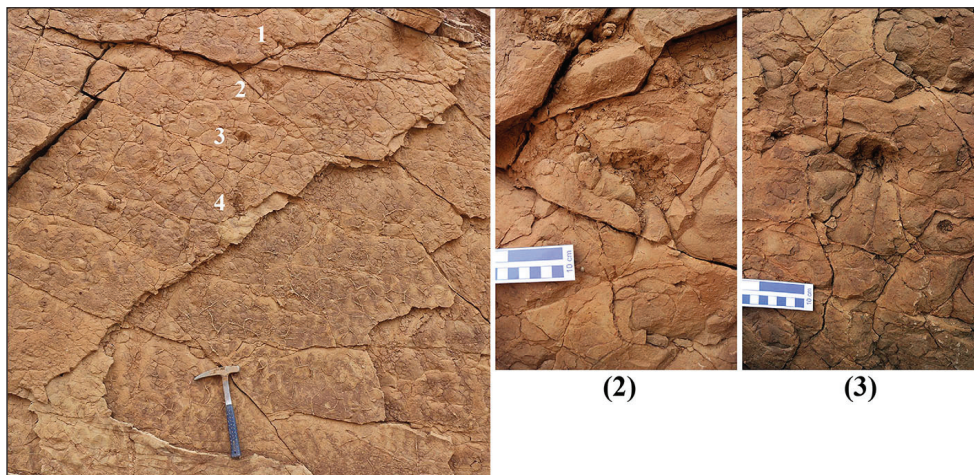
C. gracilis (Vialov, 1965)

C. sanguinolenta (Vialov, 1965)

C. therates (Remeika, 1999).

C. turkomanica (Vialov, 1983)

رد گونه *C. gracilis*، رد دست بزرگ تری از رد پا داشته و درازا به پهنای آن برابر ۱ تا ۱/۳ است. رد گونه *C. Sanguinolenta* کم و بیش اندازه بزرگ تری دارد، از سوی دیگر، *C. therates* اندازه‌ای کوچک داشته و اندازه انگشتان و کف پای کوچک است. *C. turkomanica* با داشتن رد انگشتان و کف پای درشت شناخته می‌شود. این ردپاها به دلیل داشتن اثر چنگال که بر روی رسوب کشیده شده است به ردپای سگ سانان نسبت داده شد. پیش از ردپای سگ سانان از سازند آغا جاری در تاق‌دیس بی بی حکیمه گزارش شده است (عباسی، ۱۳۹۹).



شکل ۱۱- ردپای سگ سانان در سطح بالایی لایه بندی که به صورت فرورفتن در رسوب و کشیده شدن چنگال در سمت جلوی حرکت است. ردپای شماره ۲ و ۳ با بزرگ‌نمایی در سمت راست نشان داده شده اند. طول چکش برای مقیاس ۳۰ سانتی متر است.

Figure 11. Canid footprints preserved as concave epirelief with digit drag marks, close up of footprint number 2 and 3 are shown in right hand. Length of hammer as scale is 30 m.

Track 2

شکل ۱۲- B

— **نمونه:** یک عدد ردپا که در صحرا مورد مطالعه قرار گرفت.

— **ویژگی‌ها:** یک ردپای منفرد که به صورت قالب طبیعی برجسته در سطح زیرین لایه بندی حفظ شده است. ردپا کاملاً درشت است (۳۵ × ۴۵ cm) و در جلوی آن گردی‌هایی شبیه اثر انگشت دیده می‌شود. با این حال ممکن این اثرها حاصل فرسایش باشند. بخش عقبی گرد است. رسوبات پرکننده آن دانه درشت‌تر و روشن‌تر است.

— **جستار:** این ردپا مانند ردپای قبلی، تک و منفرد است و ساختار حرکتی ردپاها مشخص نیست. بخش جلویی آن هر چند چهار اثر انگشت مانند را نشان می‌دهد ولی به نظر می‌رسد این‌ها حاصل فرسایش باشند. تشخیص این‌که این ردپا هم متعلق به جفت سمان باشد یا تک سمان، به طور قطع، امکان پذیر نیست. ردپای فرد سمان در نهشته‌های سنوزویک عمومی هستند و اغلب به حیوانات پالئوتر (Palaeothere) نسبت داده می‌شوند. فرد سمان یک، سه یا پنج انگشت دارند و اغلب وزن جانور بر روی انگشت میانی (انگشت III) است. بنابراین، انگشت میانی درشت و با جلوآمدگی بیشتری است (Abbassi et al., 2017). در صورتی که زائده کناری ردپای مورد مطالعه حاصل فرسایش باشد، این ردپا یک ردپای فرد سمان خواهد

Track 1

شکل ۱۲- A

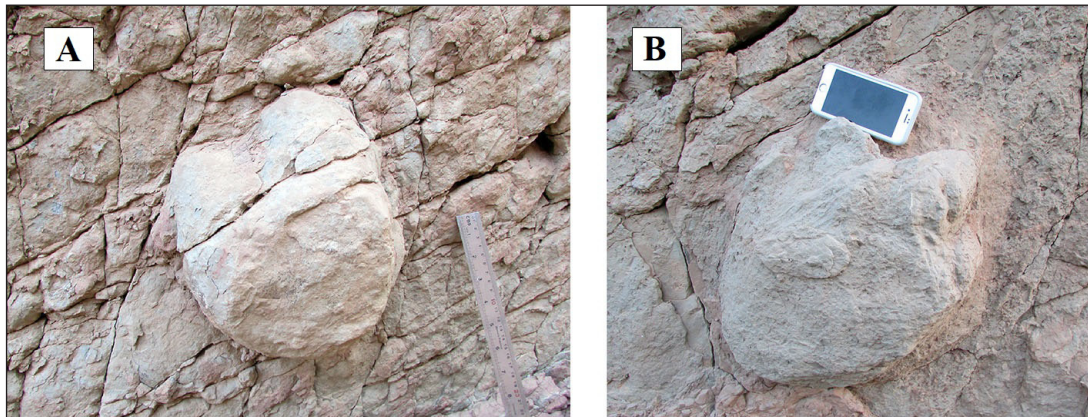
— **نمونه:** یک عدد ردپا که در صحرا مورد مطالعه قرار گرفت.

— **ویژگی‌ها:** یک ردپای منفرد که به صورت قالب طبیعی در سطح زیرین لایه بندی حفظ شده است، مشاهده شد. شکل کلی رد به صورت بیضوی است که یک فرورفتگی میانی دارد و ریخت آن به صورت جفت سم است. از نظر اندازه درشت بوده (۲۹ × ۲۴/۵ cm) و همینطور برجستگی زیادی دارد. دو بخش ردپا که به صورت جفت سم هستند به هم چسبیده بوده ولی در بخش جلویی از هم فاصله دارند. نوک سم‌ها گرد است و اثر ناخن دیده نمی‌شود. بخش عقبی رد کاملاً گرد است. رسوب پرکننده رد، رنگ روشن‌تر و دانه درشت‌تر از لایه بعدی خود است.

— **جستار:** این ردپا به صورت جفت سم جلوه می‌کند، ولی از نظر اندازه با سایر ردپای جفت سم شناخته شده بسیار بزرگ است. ردپای شتران معمولاً با یک جدایش مشخص در بخش میانی (interdigital sulcus) هستند ولی در این رد چنین جدایشی دیده نمی‌شود. از سوی دیگر، این رد تک و منفرد بوده و در کنار آن رد دیگری دیده نشد تا در مورد ساختار حرکتی اظهار نظر کرد.

گزارش شده است و در واقع، این اولین گزارش از این اثرجنس به سن میوسن از ایران خواهد بود.

بود و قابل قیاس با اثرجنس *Palaeotheriopus* است. ردپاهای سه انگشتی از اتوسن (Mirzaie Ataabadi and Khazaee, 2004) و الیگوسن ایران (Abbassi et al., 2015)



شکل ۱۲- ردپاهای منفرد در توالی مورد مطالعه، A) ردپای مشابه جفت سمان درشت و برجسته، B) ردپای درشت و برجسته در سطح زیرین که در بخش جلویی ظاهراً اثر انگشتان دیده می شود (طول گوشی تلفن همراه ۱۵ cm).

Figure 12. Alone footprints in the studies section, A) large artiodactyl-like footprints, B) hyporelief large footprint with four digit-like imprints (cell phone length is 15 cm, as scale).

انگشتان III درازتر و اثر انگشت V وجود ندارد و در رد دست آن اثر انگشتان IV و V دیده نمی شود.

۳-۵- ردپای خزندگان

Ichnogenus Hatcherichnus Foster and Lockley (1997)

— **اثر گونه الگو:** *Hatcherichnus sanjuanensis* Foster and Lockley, 1997

— **شناسه:** شامل رد چهار دست و پاست که تنها رد انگشتان باقی مانده است. در رد پا درازای انگشتان به ترتیب مربوط به انگشتان III و II بوده و طول انگشتان I و IV برابر هم و ۲۵٪ کوچک تر از انگشتان II و III است. اثر انگشتان I و II اندکی به سوی کناره مسیر حرکت خمیده است. اثر چنگال در انگشتان وجود دارد. کل زاویه میان انگشتان I تا IV برابر ۷۰ درجه است. در رد دست، تنها اثر انگشتان I تا III دیده می شود. در اینجا نیز رد انگشتان به سوی بیرون خمیده است و انگشت II اثر چنگال دارد (بازنویسی شده توسط عباسی - Abbassi, 2022).

— **جستار:** این ردپاهای یافت شده مربوط به ردپای کروکودیل هاست. کروکودیل ها در دست خود پنج انگشت و در پای خود چهار انگشت دارند. در بهترین حالت حفظ شدگی در ردپای کروکودیل ها می توان پنج اثر انگشت در رد دست و چهار اثر انگشت در رد پا مشاهده کرد. با این حال، به دلیل موقعیت انگشتان، تغییر نوع رسوب یا عدم تماس کامل دست و پا با سطح رسوب یا نوع فعالیت جانور (حرکت، خزش یا شنا)، معمولاً تعداد کمتری از اثر انگشتان مشاهده می شود. اثر فسیل ردپای کروکودیل ها از تریاس تا عهد حاضر گزارش شده اند (Farlow et al., 2018; Ellenberger, 1970) و تا کنون ۱۲ اثرجنس از ردپای کروکودیل ها نامگذاری علمی شده است (Abbassi, 2022). با این وجود، به دلیل تغییرات نوع حفظ شدگی و ریخت ردپاهای کروکودیل ها، نسبت دادن ردپایی به ردپای کروکودیل ها نیاز به دقت کافی دارد، چرا که نزدیکی ریختی با ردپای سایر خزندگان دارد. یکی از ویژگی های مهم رد پای کروکودیل ها، داشتن اثر انگشت III درازتر است. اثرجنس *Batrachopus* Hitchcock, 1845 یکی از اثرجنس های عمومی ردپای کروکودیل هاست. تفاوت *Hatcherichnus* و *Batrachopus* در آن است که در رد پای *Hatcherichnus* اندازه

Ichnospecies Hatcherichnus sanjuanensis Foster and Lockley, 1997

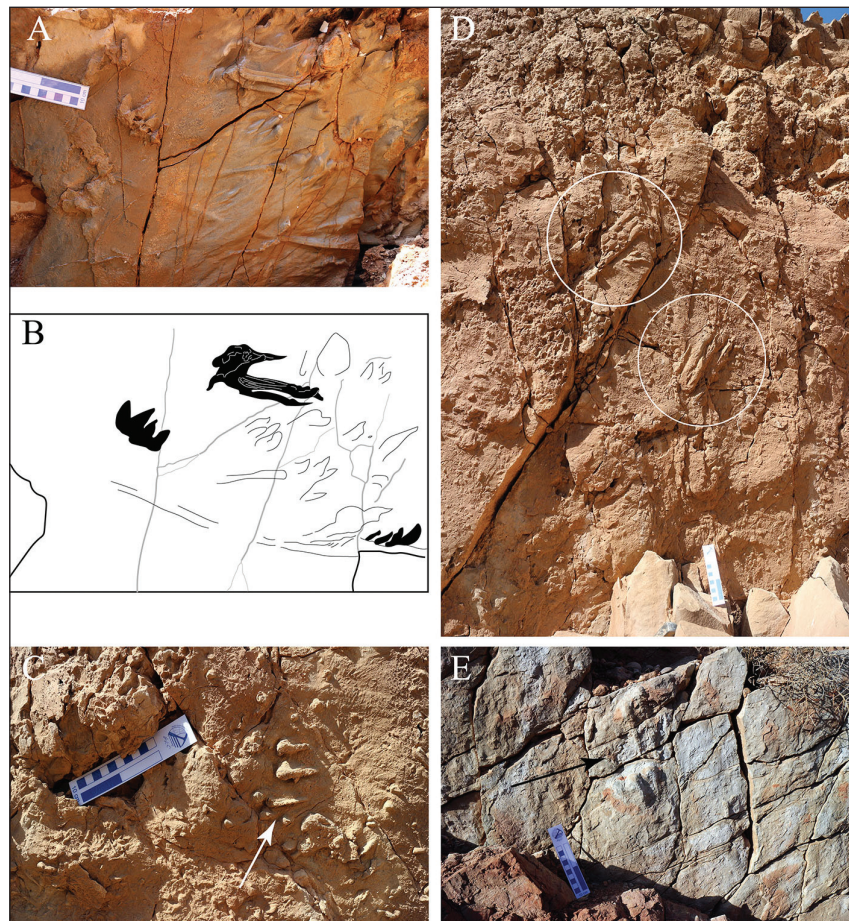
شکل ۱۳ و شکل ۹

— **نمونه:** چهار نمونه، نمونه ها در صحرا مطالعه شدند و نمونه برداشت نشدند.

— **شناسه:** همان شناسه اثرجنس *Hatcherichnus* است.

— **ویژگی ها:** به طور پراکنده آثار کشیده شدن انگشتان و چنگالی های کروکودیل ها در سطوح لایه بندی یافت شدند. ولی در کل هیچکدام مسیر حرکتی را نشان نمی دهند و این نشان دهنده ایجاد ردپاها در طی شای جانور است. در بهترین حالت، حفظ شدگی (شکل ۱۲-A) اثر چهار انگشت دست بدون اثر کف دست و اثر سه انگشت کشیده شده پا، مشاهده شد. اثر انگشتان نوک تیز است. در نمونه دیگر (شکل ۱۲-B) تنها اثر سه انگشت کوتاه دیده می شود که نوک تیز و با بخش عقبی گرد هستند. در سایر نمونه ها ردهای حاصل از کشیده شدن انگشتان به تعداد سه تا چهار عدد در سطح رسوب یافت شدند.

— **جستار:** همان گونه که بیان شد، ردپاهای منتسب به کروکودیل ها از نظر ایکنوجنسی، از تنوع بالایی برخوردارند، ولی به غیر از اثرجنس *Batrachopus* بقیه تک گونه ای می باشند. تفکیک این ردها به دلیل متفاوت بودن اندازه و شکل در سطح اثرجنس محرز و مشخص می باشد ولی از نظر تنوع اثرگونه ای چندان متنوع و گوناگون نیستند. همین امر سبب شده است که قریب به اکثریت اثرجنس های ردپای کروکودیل ها تک گونه ای باشند. بیشتر نمونه های یافت شده در برش مورد مطالعه از سازند آغاچاری به صورت پراکنده و به شکل کشیده شدن انگشتان در سطح رسوب هستند که نشان دهنده حرکت شناور جانور است که گاهی پای جانور با سطح رسوب تماس یافته است.



شکل ۱۳- ردپای کروکودیل (*Hatcherichnus sanjuanensis*) به صورت برجسته در سطح زیرین لایه بندی، چهار اثر انگشتان در پا و سه اثر انگشت در رد دست دیده می شود (A تا C)، و اغلب به صورت کشیده شدن انگشتان در سطح رسوب است (D تا E). مقیاس تصویر B همان مقیاس تصویر A است.

Figure 13. Crocodile footprint preserved as drag-marks convex hyporelief with tetradactyl pes and tridactyl manus (A-C), usually see as drag casts (D-E), scale of Fig.13-B is same as Fig. 13-A.

۶- بحث

سازند آغاچاری از سازندهای گسترده گروه فارس در حوضه رسوبی زاگرس می باشد و در طی روند بالا آمدن و پس از برخورد سپر عربی با ایران مرکزی ایجاد شده است. محیط رسوبی این سازند قاره ای تا دریایی است. محیط قاره ای این سازند در شرایط رودخانه ای پر پیچ و خم و پلایایی ته نشست شده است (مطیعی، ۱۳۷۲، Bahrani, 2009). مطالعه بر روی محیط رسوبی سازندهای آغاچاری و بختیاری در فروافتادگی دزفول نشان می دهد رسوبات این دو سازند شامل رخساره های سنگی کنگلومرا (Gt, Gh, Gmm)، ماسه سنگ (St, Sr, Sh, Sp) و مادستون (Fm, Fl) است (جلیلیان، ۱۳۹۵). در این منطقه، این رسوبات در یک سیستم آبرفتی متشکل از رودخانه های ماندری، بریده بریده و مخروط افکنه در یک توالی پسونده بزرگ و در شرایط آب و هوایی گرم نهشته شده اند (جلیلیان، ۱۳۹۵).

در مقایسه با گزارشات پیشین از ردپای مهره داران در سازند آغاچاری، برش مورد مطالعه بیشترین تنوع و فراوانی را دارد. در سازند آغاچاری در منطقه ایلام تنها ردپای پرندگان بزرگ جثه گزارش شده است (Lambrecht, 1938; Vialov, 1989; Abbassi et al., 2015) و در رخنمونی از این سازند در تافدیس بی بی حکیمه فقط ردپای گوشت خواران یافت شده است (عباسی، ۱۳۹۹). سازند آغاچاری در شمال بوشهر ردپاهای فراوانی از پرندگان را دارد و در آنجا، ردپای انواع پرندگان کنار آبزی کوچک جثه و ردپای جفت سمان بزرگ یافت شده است (Lambrecht, 1938).

منطقه زیستی کروکودیل های آسیایی با نام محلی گاندو (*Crocodylus palustris*) می باشد. با این حال در زمان میوسن گسترش این جانور خزنده تا مناطق زاگرس اثبات می شود. در میان ردپاهای گزارش شده از حوضه زاگرس و سپر عربی ردپای گوشت خواران اندکی یافت شده است. با این وجود، احتمال وجود انواع گوشت خواران در این منطقه محتمل است.

در منطقه ملیسا در ابوظبی امارات متحده عربی گزارشی از ردپای گله ای از فیل های میوسن در سازند بینونه وجود دارد (Bibi et al., 2012). با توجه به هم سنی این سازند با سازند آغا جاری احتمال وجود ردپای فیل ها در زاگرس نیز وجود دارد. در منطقه مورد مطالعه ردپاهایی به صورت فرورفته در سطح رسوبات مشاهده شد ولی به دلیل در دسترس نبودن داده ها و اطلاعات کافی، از گزارش آنها به عنوان رد پای فیل ها خودداری شد.

فراوانی ایکنوتاکسون مهره داران در این مناطق می تواند هم نشانه محیط رسوبی مناسب برای ایجاد و ثبت ردپاها و هم نشان دهنده مطلوب بودن محیط زیست این جانوران باشد.

در مقایسه با گزارشات موجود (مثلاً Orak et al., 2019)، در برش مورد مطالعه، ردپای جفت سمان فراوانی بالایی دارند و برای نخستین بار ردپای شتران از حوضه زاگرس گزارش می شود. در زمان رسوب گذاری سازند آغا جاری و در گستره آن در زاگرس انواعی از جفت سمان شامل گوزن ها، آهوان، گاوسانان و در اینجا شتران زندگی می کرده اند. همچنین در این گزارش، برای نخستین بار وجود کروکودیل ها در حوضه زاگرس تأیید می شود. پیش از این، ردپاهای کروکودیل های میوسن در سازند سرخ بالایی در منطقه زنجان گزارش شده است (Abbassi, 2022) و هم اکنون در منطقه حفاظت شده باهو کلات در جنوب استان سیستان و بلوچستان باختری ترین

جدول ۲- گزارشات در دسترس از ردپای مهره داران میوسن در زاگرس و سپر عربی (منابع ۱: Abbassi and Dashtban (2021)، ۲: عباسی (۱۳۹۹)، ۳: گزارش حاضر، ۴: Lambrecht (1938)، ۵: Abbassi et al. (2021)، ۶: Bibi et al. (2012)، ۷: Schulp et al. (2011)).

Table 2. Reports of vertebrate footprints in the Zagros Mountains and Arabian Peninsula (References: 1, Abbassi and Dashtban (2021); 2, Abbassi (2020); 3, this report; 4, Lambrecht (1938); 5, Abbassi et al. (2021); 6, Bibi et al. (2012); 7, Schulp et al. (2011)).

Tracksite Track-maker	Zagros						Arabian Peninsula	
	SE				SW		Baynunah Fm	Miocene deposits
	Agha Jari Formation				Mukdadiya Fm (= Agha Jari Fm)		Abu Dhabi ⁸	Oman ⁷
	N Bushehr ¹	Bibi Hakimeh ²	Gotvand ⁴	Ilam province ⁵	Chamchamal (Iraq) ⁶			
Artiodactyl	<i>Pecoripeda gazella</i>		<i>Lamaichnum alfi</i> <i>Lamaichnum</i> isp. <i>Pecoripeda satyri</i> <i>Pecoripeda</i> isp.	<i>Iranipeda abeli</i>	<i>Pecoripeda amalphaea</i> <i>Bifidipes velox</i>			Large artiodactyl footprint
Canidae		Canid footprints	<i>Canipeda</i> isp.					
Proboscidean							Proboscidea footprint	
Crocodile			<i>Hatcherichnus sanjuanensis</i>					
Bird	<i>Koreanaornis hamanensis</i> <i>Persiavipes gulf</i>		<i>Gruipeda dominguensis</i> <i>Aviadactyla media</i>		<i>Ardeipeda filiportatis</i>			

۷- نتیجه گیری

بیشتر ردپاها به صورت برجسته در سطح زیرین لایه بندی و به شکل قالب طبیعی حفظ شده اند. اثرهای یافت شده شامل گروه های جانوری پرندگان، پستانداران و خزندگان است. بر خلاف ردپاهای پرندگان بزرگ جثه که در مناطق ایلام یا کردستان عراق از سازند آغا جاری گزارش شده اند، در رخنمون های سازند آغا جاری در شمال خوزستان یا بوشهر ردپای پرندگان کنار آبزی کوچک جثه یافت شده است. این ردپاها شامل *Gruipeda dominguensis*, *Aviadactyla media* در برش مورد مطالعه در خاور گتوند هستند. ردپاهای پستانداران شامل ردپای جفت سمان (*Lamaichnum alfi*, *Lamaichnum* isp., *Pecoripeda satyri*, *Pecoripeda* isp.) ردپای سگ سانان (*Canipeda* isp.) می باشد. ردپای خزندگان شامل ردپای کروکودیل (*Hatcherichnus sanjuanensis*) است.

حوضه رسوبی زاگرس در زمان هایی تحت شرایط قاره ای بوده است که سازند آغا جاری یکی از نهشته های نشان دهنده این شرایط در طی میوسن تا پلیوسن می باشد. رسوبات سازند آغا جاری اغلب شامل رخساره های سنگی کنگلومرا، ماسه سنگ و مادستون است. در این منطقه، این رسوبات در یک سیستم آبرفتی متشکل از رودخانه های ماندری، بریده بریده و مخروط افکنه و در یک توالی پسروده بزرگ و در شرایط آب و هوایی گرم نهشته شده اند. سازند آغا جاری گسترش قابل توجهی در زیرپهنه های فارس، دزفول، لرستان و کرکوک عراق دارد. در برش مورد مطالعه، این سازند از توالی تکرار شونده آواری-مارنی می باشد که در برخی از لایه های آواری آثار ردپای جانوران را حفظ کرده است. این سازند با توجه به گزارش حاضر و گزارش های پیشین، مستعد مطالعات ایکنولوژی مهره داران می باشد.

سپاسگزاری

نگارندگان از همکاری مسئولان محترم شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، به سبب فراهم نمودن امکانات سفر به منطقه قدردانی می نمایند. همچنین از داوران بزرگوار، برای رهنمودهای سازنده ایشان سپاسگزاریم.

کتابنگاری

جلیلیان، ع.ح.، ۱۳۹۵، مولاس های نوژن پسین زاگرس در مرکز فروافتادگی دزفول: رخساره ها، محیط های رسوبی و عوامل کنترل کننده. پژوهش های چینه نگاری و رسوب شناسی، سال سی و دوم، پیاپی ۶۲، شماره اول، ص. ۸۱-۹۸.
عباسی، ن.، ۱۳۹۹، رد پای گوشت خواران در سازند آغاجاری (میوسن بالایی پلیوسن)، تاقیدیس بی بی حکیمه، کوه های زاگرس. بیست و سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران. ۲۱-۲۰ آبان ماه ۱۳۹۹.
مطیعی، ه.، ۱۳۷۲، چینه شناسی زاگرس، طرح تدوین کتاب، در هوشمندزاده، ر.، (گردآورنده) زمین شناسی ایران، شماره انتشارات سازمان زمین شناسی کشور. ۵۳۶ ص.

References

- Abbassi, N., 2020. *Carnivora tracks from the Agha Jari Formation (Upper Miocene-Pliocene), Bibi Hakimeh anticline, Zagros Mountains, The 23rd Symposium of Geological Society of Iran 10-11 November, 2020 (In Persian)*.
- Abbassi, N., 2022. Miocene Wildlife of Zanjan, NW Iran. Univ. Zanjan Press, 303 p.
- Abbassi, N., Alinasiri, S., and Lucas, S.G., 2017. New localities of Late Eocene vertebrate footprints from the Tarom Mountains, Northwestern Iran. *Historical Biology* 29, 987-1006. <https://doi.org/10.1080/08912963.2016.1267162>.
- Abbassi, N., and Dashtban, H., 2021. Vertebrate footprints from the Agha Jari Formation (Late Miocene-Pliocene), Zagros Mountains, and review of the Cenozoic vertebrate ichnites in the Persian Gulf region. *Bulletin of Geosciences*, 96, 159-179. <https://doi.org/10.3140/bull.geosci.1809>.
- Abbassi, N., Karim, K.H., Mohialdeen, I.M.J., and Sharbazheri, K.M., 2021. Vertebrate footprints and a mammal mud-bath trace fossil (Laspichnia) from the Mukdadiya Formation (late Miocene-Pliocene), Chamchamal Area, Kurdistan Region, Northeast Iraq. *Ichnos*, 28, 72-83. <https://doi.org/10.1080/10420940.2020.1784156>.
- Abbassi, N., Kundrát, M., Mirzaie Ataabadi, M., and Ahlberg, P.E., 2016. Avian ichnia and other vertebrate trace fossils from the Neogene Red Beds of Tarom valley in north-western Iran. *Historical Biology* 28, 1075-1089. <https://doi.org/10.1080/08912963.2015.1104306>.
- Abbassi, N., Lucas, S.G., and Zaare, G.R., 2015. First report of Oligocene vertebrate footprints from Iran. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 440, 78-89. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.08.039>.
- Aramayo, S.A., and Manera de Bianco, T., 1987. Hallazgo de una icnofauna continental (Pleistocenotardío) en la localidad de Pehuén-Có (Partido de Coronel Rosales), Provincia de Buenos Aires, Argentina, Parte II. *Carnivora, Artiodactyla y Aves*. 4 Congreso Latinoamericano de Paleontología (La Paz, 1987), Resúmenes, 532-547.
- Bahrami, M., 2009. Lithofacies and sedimentary environments of Aghajari Formation in Dehsheikh Mountain, west of Shiraz, Iran. *World Applied Science Journal* 6, 464-473.
- Bibi, F., Kraatz, B., Craig, N., Beech, M., Schuster, M., and Hill, A., 2012. Early evidence for complex social structure in Proboscidea from a late Miocene trackway site in the United Arab Emirates. *Biology Letters* 8, 670-673. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2011.1185>.
- Böhme, M., Spassov, N., Majidifard, M.R., Gärtner, A., Kirscher, U., Marks, M., Dietzel, C., Uhlig, G., El Atfy, H., Begun, D.R., and Winkhofer, M., 2021. Neogene hyperaridity in Arabia drove the directions of mammalian dispersal between Africa and Eurasia. *Communications Earth and Environments* 2, 85. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00158-y>.
- Currie, P.J., 1981. Bird footprints from the Gething Formation (Aptian, Lower Cretaceous) of northeastern British Columbia, Canada. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 1, 257-264.
- De Valais, S., and Melchor, R.N., 2008. Ichnotaxonomy of bird-like footprints: an example from the Late Triassic-Early Jurassic of northwest Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 28, 145-159. [https://doi.org/10.1671/0272-4634\(2008\)28\[145:IOBFAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1671/0272-4634(2008)28[145:IOBFAE]2.0.CO;2).
- Demathieu, G., Ginsburg, L., Guérin, C., and Truc, G., 1984. Étude paléontologique, ichnologique et paléoécologique du gisement oligocène de Saignon (Bassin d'Apt, Vaucluse). *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle. Section C, Sciences de la terre, paléontologie, géologie, minéralogie* 6(2), 153-183.
- Ellenberger, P., 1970. Les niveaux paléontologiques de première apparition des mammifères primordiaux en Afrique du Sud et leur ichnologie. Etablissement de zones stratigraphiques détaillées dans le Stormberg du Lesotho (Afrique du Sud) (Trias supérieur à Jurassique). *Proceedings and Papers II Gondwana Symposium*, 343-370.

- Ellenberger, P., 1980. Sur les empreintes de pas de gros mammifères de l'Eocène supérieur de Garrigues-Ste-Eulalie (Gard). Paleovertebrata, Mémoire Jubilé R. Lavocat, 37-78.
- Farlow, J.O., Robinson, N.J., Kumagai, C.J., Paladino, F.V., Falkingham, P.L., Elsey, R.M., and Martin, A.J., 2018. Trackways of the American Crocodile (*Crocodylus acutus*) in Northwestern Costa Rica: Implications for crocodylian ichnology, Ichnos, 25(1), 30-65. <https://doi.org/10.1080/10420940.2017.1350856>.
- Foster, J.R., and Lockley, M.G., 1997. Probable crocodilian tracks and traces from the Morrison Formation (Upper Jurassic) of eastern Utah. Ichnos 5, 121-129. <https://doi.org/10.1080/10420949709386411>.
- Ghazban, F., and Motiei, H., 2009. Petroleum Geology of the Persian Gulf. Tehran University Press.
- Gilbert, C.C., Bibi, F., Hill, A., and Beech, M.J., 2014. Early guenon from the late Miocene Baynunah Formation, Abu Dhabi, with implications for cercopithecoid biogeography and evolution. Proceedings of the National Academy of Sciences 111(28), art.201323888. <https://doi.org/10.1073/pnas.1323888111>.
- Hasiotis, S. T., 1999. The origin and evolution of freshwater and terrestrial crayfishes based on new body and trace fossil evidence. Freshwater Crayfish, 12:49-70.
- Hill, A., and Whybrow, J., 1999. Summary and overview of the Baynunah Fauna, Emirate of Abu Dhabi, and its context, 7-14. In Whybrow, P. & Hill, A. (eds) Fossil Vertebrates of Arabia, with Emphasis on the Late Miocene Faunas, Geology, and Palaeoenvironments of the Emirate of Abu Dhabi, United Arab Emirates. Yale University Press, New Haven, Connecticut.
- Hitchcock, E., 1845. An attempt to name, classify and describe the animals that made the footmarks of New England. In: Proceeding's 6th Meeting American Association of Geology and Naturalists. New Haven Connecticut, pp. 23-25.
- Homke, S., Vergés, J., Garcés, M., Emami, H., and Karpuz, R., 2004. Magnetostratigraphy of Miocene-Pliocene Zagros foreland deposits in the front of the Push-e Kush Arc (Lurestan Province, Iran). Earth and Planetary Science Letters, 225, 397-410. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.07.002>.
- Jalilian, A. H., 2016. The Neogene molasse deposits of the Zagros Mountains in central Dezful Embayment: facies, sedimentary environments and controls. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches. V. 32, Issue 1 - Serial Number 62, P. 81-98, DOI:10.22108/JSSR.2016.20866. (In Persian).
- James, G., and Wynd, J., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. AAPG Bulletin 49, 2182-2245.
- Karim, K. H., Ismael, K. M., and Mohyaddin, I. M. J., 2003. New Discovery of Some Vertebrate Footprints in Mukdadiya Formation from Chamchamal Area, NE Iraq, Journal of Iraqi Geological Society 34: 1-10.
- Kim, B.K., 1969. A study of several sole marks in the Haman Formation. Journal of the Geological Society of Korea 5, 243-258.
- Kordos, L., 1985. Lábnymok az ipolytarnóci alsó-miocén koru homokköben. Geologica Hungarica 46, 259-415.
- Lambrecht, K., 1938. *Urmioris abeli* n. sp., eine Pliozäne Vogelfährte aus Persien. Palaeobiologica 6, 242-245.
- Levine, L., and Mitchell, M., 2001. Mammal Tracks: Life-size Tracking Guide. Heartwood Press, 15 p.
- Lucas, S.G., and Hunt A.P., 2007. Ichnotaxonomy of camel footprints. Lucas SG, Spielmann JA, Lockley M, editors. Cenozoic vertebrate tracks and traces. New Mex Mus Nat Hist Sci Bull. 42:155-168.
- Melchor, R.N., Feola, S.F., and Manera de Bianco, T.M., 2019. Canid Paleoichnology: Taxonomic Review and producers of Canipeda from the late Pleistocene of Argentina. Ichnos, 26, 85-107. <https://doi.org/10.1080/10420940.2018.1447466>.
- Mirzaie Ataabadi, M., and Khazaei, A.R., 2004. New Eocene mammal and bird footprints from Birjand Area, Eastern Iran. Ichnos, 11, 363-370. <https://doi.org/10.1080/10420940490428724>.
- Motiei, H., 1993. Geology of Iran-Zagros Stratigraphy. Tehran (Iran): Geological Survey of Iran; p. 536. (In Persian).
- O'B Perry, J.T., and Setudehnia, A., 1967. Shūshtar geological compilation map, 1:100,000. Sheet No. 20820 E National Iranian Oil Company, Tehran, Iran.
- Orak, Z., Ataabadi, M.M., Solgi, A., Majidifard, M.R., Kostopoulos, D.S., 2019. First mammal fossil locality from the late Miocene of Zagros, Western Iran. Geopersia, 9 (2), 367-379. <https://doi.org/10.22059/GEOPE.2019.270561.648436>.
- Panin, N., 1965. Coexistence de traces de pas de vertébrés et de mécanoglyphes dans le Molasse Miocène des Carpates orientales. Revue Roumaine de Géologie, Géophysique et Géographie. Série de Géologie, 9, 141-163.
- Panin, N., and Avram, E., 1962. Noiurme de vertebrate in Miocenul Subcarpatilor Rominesti. Studiisi Cercetari de Geologie 7, 455-484.
- Pérez-Lorente, F, Herrero, C, Herrero, E, and Montoya, P., 2009. *Paracamelichnum Jumillensis* n.ichnogen. n.ichnosp., Upper Miocene Camelidae Ichnites from the Hoya de la Sima site (Murcia, Spain). Ichnos 16:208-219. <https://doi.org/10.1080/10420940802686087>.
- Pirouz, M., Simpson, G., Bahroudi, A., and Azhdari, A., 2011. Neogene sediments and modern depositional environments of the Zagros foreland basin system. Geological Magazine 148, 838-853. <https://doi.org/10.1017/S0016756811000392>.
- Remeika, P., 1999. Identification, stratigraphy, and age of neogene vertebrate footprints from the vallecito-fish creek basin, anza-borrego desert state park, California. San Bernardino County Museum Association Quarterly, 46, 37-46.

- Remeika, P., 2001. The Fish Creek Canyon ichnofauna: A Pliocene (Blancan) vertebrate footprint assemblage from Anza-Borrego Desert State Park, California, Santucci, VL, McClelland, L, editors, Proceedings of the 6th Fossil Resource Conference, Geological Resources Division, Technical Report., NPS/NRGRD/GRDTR-01/01: 55-75.
- Santamaria, R, López, G, and Casanovas Cladellas, M.L., 1990. Nuevos yacimientos con ichnitas de mamíferos del Oligoceno de los alrededores de Agramunt (Leidi, España): Paleontolgiai Evolucio. Instituto Paleontológico, Dr. M. Crusafont, Diputació de Barcelona 23:141-152.
- Sarjeant, W.A.S., and Langston, J.W., 1994. Vertebrate footprints and invertebrate traces from the Cadronian (Late Eocene) of Trans-Pecos Texas. Texas Memorial Museum, The University of Texas at Austin.
- Sarjeant, W.A.S., and Reynolds, R., 2001. Bird footprints from the Miocene of California, The Changing Face of the East Mojave Desert: Abstracts from the 2001 Desert Symposium: California State University, Desert Studies Consortium, pp. 21-40.
- Sarjeant, W.A.S., and Reynolds, R., E., 1999. Camelid and horse footprints from the Miocene of California and Nevada. San Bernardino County Museum Association Quarterly 46, 3-20.
- Schulp, A.S., Belvedere, M., Nasir, S., and Wheeler, M., 2011. An Artiodactyl Tracksite at Musandam Peninsula, Sultanate of Oman. Ichnos 18, 192-196. <https://doi.org/10.1080/10420940.2011.632659>.
- Thomas, H., Behna M, H., and Ligabue, G., 1981. New formation, discoveries of vertebrate fossils in the Bakhtiari Formation, Injana area, Himrin, South Iraq. Journal of Geological Society of Iraq 14, 43-54.
- Vialov, O.S., 1965. Stratigrafiya neogenovix molass Predcarpatskogo progiba. Naukova Dumka part K, 191.
- Vialov, O.S., 1983. The tracks of prey beasts and birds from the Pliocene of the western Turkmenia. Paleontologicheskii Sbornik, 20, 74-79.
- Vialov, O.S., 1984. Sledy verblyudov I drugikh pozvonochnykh v pliotsene Zapadnoy Turkmenii, In: Kruchinina, N.V. (Ed.), Sledy zhizni I dinamika sredy v drevnikh biotopakh. Tezisy dokladov XXX sessii Vsesoyuznogo paleontologicheskogo obshchestva, St. Petersburg, pp. 18-21.
- Vialov, O.S., 1989. Pliocene bird tracks from Iran assigned to the genus *Urmiornis*. Paleontological Journal 23, 119-121.
- Vialov, OS., 1966. Sledy zhiznedeyatelnosti organismov I ikh paleontologicheskoe znachenije. Naukova Dumka, Kiev, 219 p.