

آثار ردپای مهره‌داران میوسن در سازند سرخ بالایی، برش

چینه‌شناسی مشمپا، استان زنجان

نوشته: دکتر نصراله عباسی* و صفورا شاکری**

Miocene Vertebrate Footprints from the Upper Red Formation, Mushampa Area, Zanjan Province

By: Dr. N. Abbasi* & S. Shakeri**

چکیده

در برش چینه‌شناسی سازند سرخ بالایی به سبترای ۲۷۶/۵ متر در سه کیلومتری باختر روستای مشمپا (باختر استان زنجان)، آثار ردپای مهره‌داران فراوانی یافت شد که شامل ردپای پرندگان پا اردکی *Culcitapeda tridens*، *Culcitapeda isp.*، پرندگان چهار انگشتی *Antarctichnus isp.* و پرندگان پنجه‌رو *Avipeda isp. A* و *Avipeda isp. B* و همچنین اثر ردپای پستانداران از راسته گوشتخواران به نامهای *Bestiopedes isp.* و *Credontipes isp.* هستند. محیط رسوبی توالی مورد مطالعه، یک محیط کاملاً کم ژرفای حاشیه دریایی بوده که به طور دوره‌ای از زیر آب خارج شده و پس از ایجاد آثار ردپا، دیگر بار به زیر آب فرو رفته است.

کلید واژه‌ها: ایکنولوژی، دیرینه‌شناسی مهره‌داران، ردپا، میوسن، زنجان، ایران

Absract

Numerous vertebrates footprints have been found in the Miocene Upper Red Formation sandstone and siltstone layers in the 3 km west of Mushampa village, west Zanjan province. Most of the footprints were preserved as hypichnia, include bird's webbed footprints *Culcitapeda tridens* and *Culcitapeda isp.*; tetradactyle footprint *Antarctichnus isp.* and digitigrad footprints *Avipeda isp. A* and *Avipeda isp. B*. Carnivora footprints are *Bestiopedes isp.* and *Credontipes isp.* ichnogenuses. It seems that sedimentary environment was a shallow-water pan of a marginal marine environment, and footprints formed on the exposed sediments.

Key words: Ichnology, Vertebrate paleontology, Footprint, Miocene, Zanjan, Iran

مقدمه

حفظ شدگی آثار ردپا به عوامل متعددی بستگی دارد که بخشی از این عوامل مربوط به محیط فیزیکی و بخشی دیگر مربوط به عوامل زیستی است. میزان رطوبت، نوع دانه بندی و جنس ذرات، میزان شکل پذیری رسوب، میزان شیب توپوگرافی در هنگام ثبت ردپا، نوع رسوب پوشاننده اثر و وضعیت لایه‌بندی نهشته‌ها از جمله عوامل فیزیکی هستند. از عوامل زیستی می‌توان به سرعت و نوع حرکت جانور مانند قدم زدن آهسته، یورتمه رفتن و دویدن، پنجه‌رو بودن یا کف رو بودن، ریخت‌شناسی کف پا، داشتن یا نداشتن چنگال، وزن جانوران اثرساز و میزان لگدمال شدن ردپاها توسط دیگر مهره داران اشاره کرد (Thulborn, 1990). مطالعه پالئوایکنولوژی ردپای مهره داران در ایران، نوپا بوده و با وجود رخنمونهای گسترده رسوب محیط‌های کم عمق و قاره‌ای مزوزوییک و

بخشی از مطالعات پالئوایکنولوژی (Paleoichnology) مربوط به مطالعه اثر ردپای مهره داران بر روی رسوب است. این آثار که در اصطلاح مویکنیا (Müller, 1962; Movichnia) یا رپیکنیا (Seilacher, 1953; Repichnia) نامیده می‌شوند، حاصل اثر حرکت و جا به جایی مهره‌داران چهارپا (پستانداران و ...) یا دو پا (دایناسورهای دو پا، پرندگان و ...) بر روی رسوب است. از یک سو نیروی حاصل از اندامهای حرکتی و وزن مهره‌داران و رطوبت و شکل پذیر بودن رسوبها از سوی دیگر، منجر به باقی ماندن اثر کف پا و دیگر اندامهایی می‌شود که با رسوب در تماس هستند. چنین آثاری ویژگی محیط رسوبی قاره‌ای، کم ژرفا و رخنساره ایکنولوژی اسکویینا (Scoyenia) (Pembererton et al., 1994) است. نوع و کیفیت

۱- زیر واحد زیرین (۷۰۰-۶۰۰ متر) شامل توالی رسوبهای رنگارنگ که نهشته‌های تبخیری نسبتاً زیادی دارد. بیشتر سنگهای این زیر واحد، مارن‌های روشن رنگ با میان لایه‌های سیلستون و ماسه سنگ است.

۲- زیر واحد بالایی (۱۵۰۰ متر تا بیش از ۲۰۰۰ متر)، شامل شیل‌های رسی، مارنی و ماسه‌ای عمدتاً سرخ رنگ است که میان لایه‌های ماسه سنگی یا به طور محلی عدسی‌های کنگلومرای در بخشهای میانی دارد.

برش چینه‌شناسی مطالعه شده، ۲۷۶/۵ متر ستبراً دارد. مرزهای زیرین و بالایی این برش، از واریزه پوشیده شده و احتمالاً بخشی از قاعده سازند سرخ بالایی است. عمده این توالی، شامل مارن، سیلستون و ماسه سنگ سرخ رنگ است. مطالعات سنگ شناسی نشان می‌دهد که نمونه‌های ماسه‌سنگی، بر اساس رده بندی (Pettijhon et al. 1987)، لیتارنایت و آرنایت گریوکی هستند و با سیمان کلسیتی، جورشدگی ضعیفی دارند. در این برش چینه‌شناسی، توالی رسوبی زیر برداشت شد (شکل ۲):

۱- تناوب ماسه سنگ، سیلستون با ستبرای لایه‌ها میانگین ۰/۳ متر که دارای لایه‌های نازک گل‌سنگ هستند. رنگ بیشتر لایه‌ها سرخ مایل به قهوه‌ای است. ساخت‌های رسوبی شامل قالب شیاری، موج نقش و قالب موج سینوسی، قالب وزنی (Load cast)، قالب ترک گلی و قالب شکافی (Groove cast) می‌باشند. بر اساس برخی از ساخت‌های رسوبی مانند قالب شیاری و موج نقش، جهت جریان دیرینه، به سمت خاور و جنوب خاوری است. همچنین این لایه‌ها دارای اثر ردپای پرندگان هستند که همگی به صورت قالب برجسته، در سطح زیرین لایه بندی حفظ شده‌اند و عمدتاً از نوع آثار ردپای پا اردکی هستند. جهت حرکت پرندگان بیشتر به سوی شمال بوده است. ستبرای این توالی، ۲۶ متر اندازه گیری شد.

۲- شیل‌ها و مارن‌های رنگارنگ با میان لایه‌های نازک سیلستون سبز و خاکستری و گچ که دارای ساخت‌های رسوبی موج نقش و بار وزنی هستند، در بخشهای زیرین آثار ردپای پرندگان پا اردکی به فراوانی یافت می‌شوند که با ردپاهای پرندگان سه انگشتی پنجه رو (Digitigrad) همراهند. این لایه‌ها ۵۶ متر ستبراً دارند.

۳- توالی ماسه سنگ متوسط تا درشت دانه، ستبر لایه، سیلستون و مارن با ساخت‌های رسوبی موج نقش و قالب موج، قالب شکافی، قالب وزنی و ریل مارک؛ آثار مبهمی از ردپای پرندگان در لایه‌های زیرین وجود دارد. در سطوح لایه بندی برخی از لایه‌ها، خرده‌های فسیل گیاهی یافت می‌شود. ستبرای این توالی ۲۹ متر است.

۴- تناوب ماسه سنگ و سیلستون نازک لایه و مارن ستبر لایه؛ رنگ این لایه‌ها سبز-قهوه‌ای است. لایه‌های تخریبی این تناوب، از نظر داشتن آثار ردپای پرندگان قابل توجه هستند، به گونه‌ای که در بخشهای میانی

سنوزویک، مطالعات چندانی در این زمینه انجام نشده است. گزارشهای موجود از اثر ردپای دایناسورهای اورنیثوپود (Ornithopod) و گراتور (Grallator) منطقه کرمان (Lapparent & Davoudzadeh, 1972)، ردپای دایناسور گوشتخوار به سن لیاس از سازند شمشک به نام *Iranosauripus zerabensis* از منطقه البرز مرکزی (Lapparent & Nowgol Sadat, 1975)، اثر ردپای پستانداران ائوسن منطقه بیرجند (Ataabadi & Sarjeant, 2000)، اثر ردپای پرندگان و پستانداران ائوسن کوههای طارم (Abbassi & Lockley, in press) و بالاخره ردپای پرنده پلیوسن (Lambercht, 1938) از مطالعات پیشین در این زمینه‌اند.

سازند سرخ بالایی (Upper Red Formation)، به علت داشتن رخساره رسوبی خاص و گسترش قابل توجه در ایران مرکزی از نامزدهای اصلی داشتن آثار ردپای مهره‌داران به شمار می‌رود. پیش‌تر به وجود آثار ردپای مهره‌داران در سازند سرخ بالایی اشاره شده است (رحیم زاده، ۱۳۷۳) و در منطقه ایوانکی، آثار ردپای گوشتخواران (سگ سانان یا گربه سانان) مشاهده شده است (Amini, 1997)، اما تاکنون گزارش ویژه و کاملی از ردپا در سازند سرخ بالایی ارائه نشده است در واقع این مقاله، نخستین مقاله درباره ردپای مهره‌داران به سن میوسن از ایران و از سازند مذکور است. لازم به یاد آوری است که این مطالعات، در طی طرح پژوهشی به شماره ۸۱۴۲۰ معاونت پژوهشی دانشگاه زنجان انجام شده است.

موقعیت جغرافیایی

آثار ردپای بسیار فراوان و متنوعی از پرندگان، و به طور کمیاب ردپای پستانداران، در رخنمونی از سازند سرخ بالایی در سه کیلومتری باختر روستای مشمپا یافت شده است. برای دسترسی به این رخنمون، ابتدا پس از طی حدود ۸۰ کیلومتر از زنجان به سمت تبریز، در حومه روستای سرچم، به سه راهی روستای قیطول رسیده و از این محل ۲۰ کیلومتر به سمت جنوب تا روستای مشمپا ادامه مسیر داده می‌شود. برش چینه‌شناسی مورد نظر، در شمال پل مجاور روستای مشمپا و در کرانه باختری رودخانه قول‌اوزن واقع است (شکل ۱).

موقعیت چینه‌شناسی

سازند سرخ بالایی یکی از گسترده‌ترین سازندهای میوسن در ایران مرکزی است. این سازند، در جنوب و باختر زنجان از دو زیر واحد تشکیل شده است (Stöcklin & Eftekhari-nezhad, 1969):

لایه‌های مورد مطالعه برداشت شدند. افزون بر این نمونه‌ها، از نمونه‌هایی که دارای ابعاد بزرگ بوده یا برای حفظ وضعیت طبیعی آنها نمونه برداری نشدند، با استفاده از چسب لاتکس، قالب مصنوعی تهیه شد. بدین منظور، ابتدا سطح نمونه از گرد و غبار پاک می‌شود. سپس چندین بار سطح مورد نظر با چسب مایع لاتکس آغشته شده تا تمام پستی و بلندی‌ها با چسب پر شده و گذاشته می‌شوند تا در هر مرحله، چسب خشک شود. پس از آخرین لایه چسب و پیش از خشک شدن آن، یک پارچه نازک ظریف بافت روی نمونه چسبانده و با فشار دادن سعی می‌شود تا تمام پستی و بلندی‌های نمونه با پارچه پوشیده شود. پس از خشک شدن چسب، سطح پارچه سه چهار بار چسب اندود می‌شود. سرانجام، پس از خشک شدن کامل چسب‌ها، به آرامی پارچه و چسب همراه آن از سطح نمونه جدا می‌شود. قالب به دست آمده، به خوبی ویژگی‌های نمونه را در خود ثبت کرده و می‌توان از آن در مطالعات دقیق آزمایشگاهی یا در تهیه نمونه‌های مصنوعی پلاستری استفاده کرد. همچنین برای مطالعه سریع و آسان ردپاها، بهتر است بر روی نمونه یک ورقه شفاف نایلونی گذاشت، سپس با خودکار یا ماژیک (با رنگ ثابت) پیرامون بخشهای اصلی ردپا خط کشید. از این راه، به راحتی می‌توان آرایش ردپاها را در نمونه‌هایی که انباشته از اثر ردپا هستند، تشخیص داد و اندازه گیری‌های لازم را انجام داد. لازم به توضیح است که قالب‌های مصنوعی و تمامی نمونه‌های برداشت شده با شماره UR-M1-17، در آزمایشگاه فسیل شناسی گروه زمین شناسی دانشگاه زنجان نگهداری می‌شوند.

ایکونولوژی سیستماتیک

ردپاهای یافت شده شامل چندین تاکسون اثر فسیلی یا ایکنوتاکسون (Ichnotaxon) است که در زیر شرح داده می‌شوند:

الف- ردپای پرندگان

ردپای پرندگان در لایه‌های مورد مطالعه بسیار فراوان تر و متنوع تر از ردپاهای پستانداران است. جنس‌ها و گونه‌های تشخیص داده شده عبارتند از:

Ichnogenus Antartichnus Covacevich&Lamperein 1970

مشخصه (Diagnosis): اثر ردپای پرندگان، چهارانگشتی و شامل سه انگشت باریک، مستقیم و تقریباً هم اندازه است. این سه انگشت، به سمت جلو آرایش دارند و فاقد پرده بین انگشتی هستند. چهارمین انگشت، اثر یک انگشت کوچک عقبی (انگشت شماره یک I یا هالوکس Hallux) است که با فاصله نسبت به مرکز اثر و متمایل به خط میانی مسیر حرکت است.

این توالی آثار ردپای پرندگان چهار انگشتی به فراوانی یافت می‌شوند. ۴۶ متر ستبرای این لایه‌هاست.

۵- مارن سرخ رنگ به ستبرای ۴۶ متر که در بخشهای میانی آن یک لایه ژیبس رسی- سیلتی سرخ رنگ و به ستبرای ۵ متر وجود دارد.

۶- تناوب لایه‌های ماسه سنگی و سیلتستون ستر لایه شونده به طرف بالا و مارنهای سرخ- خاکستری با ساختهای متنوع رسوبی هستند. آثار فسیلی (Trace fossils) بی مهرگان نسبتاً فراوان تر است. در این لایه‌ها، مقدار کمی آثار ردپای پرندگان چهار انگشتی وجود دارد. یک نمونه اثر رد دست و پای پستاندار یافت شد. ستبرای این تناوب ۴۸ متر است.

۷- مارن‌های سبز یکنواخت با لایه‌های ماسه سنگی متورق ستر لایه در بخشهای میانی؛ ساختهای رسوبی موجود مشابه ساختهای رسوبهای قبلی است. نمونه‌ای دیگر از اثر ردپای پستانداران، در این توالی یافت شد و ردپای پرندگان پا اردکی یا چهار انگشتی کمیاب که خوب حفظ نشده‌اند، مشاهده شد. این لایه‌ها ۲۸ متر ستبرای دارند.

روش مطالعه

در این مطالعات، ابتدا با پیمایش زمین شناسی، داده‌های مورد نیاز برای رسم ستون چینه شناسی جمع آوری شد. در لایه‌هایی که آثار رد پا وجود داشت، موقعیت حفظ شدگی آثار نسبت به سطوح چینه بندی تعیین شد. ممکن است آثار به صورت اثر فرورفته در سطح بالایی چینه بندی (Concave epirelief) یا به صورت قالب برجسته در سطح زیرین چینه بندی (Convex hyporelief) حفظ شده باشند. همچنین ژئومتری هر اثر اندازه گیری شد و مهم ترین ویژگی‌ها و داده‌های هندسی اندازه گیری شده عبارتند از (شکل ۳):

طول اثر ردپا (Foot length, FL)، عرض اثر ردپا (Foot wide, FW)، شماره گذاری انگشتان (Digital code) که به ترتیب از سمت انگشت داخلی به طرف انگشت خارج است، طول انگشتان (Digital length, DL) و عرض آنها (Digital wide, DW)، زاویه بین انگشتان (α)، وضعیت نوک انگشتان (گرد، نوک تیز، دارای اثر چنگال و...)، چرخش یا تمایل اثر رد پا نسبت به محور میانی مسیر حرکت (تمایل به سمت داخل، چرخش مثبت و تمایل به سمت خارج، چرخش منفی)، طول گام بلند (Stride length, SL) که فاصله بین دو رد پای متوالی سمت راست یا چپ است، طول قدم (Pace length, PL) که فاصله بین دو رد پای چپ و راست است و بالاخره زاویه گام (β).

در مجموع، بیش از ۲۲۰ اثر ردپا در روی زمین و در آزمایشگاه مطالعه شدند. در این میان، ۱۷ نمونه اثر فسیلی ردپای پرندگان که ممکن بود شامل دهها اثر ردپا باشند و همچنین دو نمونه اثر ردپای پستانداران از

شده‌اند. در سطح زیرین، آثار ردپا از نظر شکل و اندازه، ایکنوجنس *Antarctichnus* است. اما در سطح بالایی، آثار ردپا حاصل نوعی حرکت است که پرنده هنگام حرکت پای خود را بر روی رسوبات کشیده و اثر انگشت III به طور خطواره در جهت حرکت کشیده شده است. این آثار، منهای شیار جلوی آنها همان ایکنوجنس *Antarctichnus* است.

Ichnogenus *Culcitapeda* Sarjeant & Reynolds 2001

مشخصه: ردپای پرندگان سه انگشتی، دارای پرده بین انگشتی است که اثر انگشتان از اثر پرده بین انگشتی بیرون زده است (گاهی واضح نیست). اثر استخوان انگشتان اندکی مشخص تر است اما این ویژگی شاخص نیست. حاشیه عقبی ردپا نیم دایره یا نزدیک به نیم دایره است. انگشت III نسبت به دو انگشت کناری II و IV به سمت جلو و عقب امتداد بیشتری دارد.

بحث: این آثار مربوط به پرندگان پای پرده‌ای مشخص (یا در اصطلاح پارادکی) است و فاقد اثر انگشت I هستند. این آثار از اثر ردپای فلامینگوهای امروزی به علت نداشتن اثر چنگال، و از اثر ردپای قو و غاز به علت نبود اثر انگشت I متمایز می‌شوند (Sarjeant & Reynolds, 2001).

Ichnospecies *Culcitapeda tridens* Sarjeant & Reynolds 2001

شکل های ۵ و ۶ C

نمونه: ۵ اثر ردپا در آزمایشگاه و ۱۲ اثر نیز در صحرا مطالعه شد.

مشخصه: اثر ردپای پرندگان سه انگشتی با اندازه متوسط است که کاملاً اثر پرده بین انگشتی در آنها مشخص است. اثر انگشتان واضح و به سمت بیرون (بیرون از اثر پرده بین انگشتی) ادامه دارد. ادامه اثر انگشت III به صورت مثلث باریک متساوی الساقین و اثر انگشتان II و IV به شکل خمیده است. انگشتان تا حدودی نامتقارن هستند، به گونه‌ای که انگشت II به سمت انگشت III متمایل تر است. بخش پشتی اثر نامشخص است (Sarjeant & Reynolds, 2001).

توصیف: نمونه‌ها به صورت قالب برجسته در سطح زیرین لایه‌بندی حفظ شده‌اند و شامل اثر ردپای پرندگان پا اردکی سه انگشتی هستند. بخش جلویی انگشت III بیشترین برجستگی را دارد، با این حال اثر انگشتان II و IV نیز واضح و مشخص است. اثر انگشت III معمولاً به سمت عقب باریک‌تر می‌شود و در کل، ضخامت انگشتان II و IV بیشتر از انگشت III است. در یکی از نمونه‌ها (شکل B ۵) در بخش جلویی پرده بین انگشتی اثر خطواره‌ها (Striate) به خوبی حفظ شده است. این خطواره‌ها به فاصله‌های یک میلی‌متر هستند و در یک سمت اثر حدود ۲۷ مورد از آنها قابل شمارش است. انگشت III نسبت به انگشتان II و IV به سمت جلو امتداد بیشتری دارد. نوک انگشتان تقریباً باریک ولی گرد است.

بحث (Discussion): این نوع اثر ردپا، ویژه ردپای بسیاری از پرندگان ساحلی کارادرئیرمها (Charadriiforms)، به ویژه آپچیلک‌ها (Sandpipers) و پاشله‌ها (Snipes) است. آثار ردپای شبیه به این آثار که فاقد اثر انگشت عقبی (Hallux) هستند در Sarjeant & Langston (1994) با نام *Antarctichnus* و توسط Vialov (1966) با نام *Avipeda* گزارش شده‌اند. فسیل پیکره‌ای (Body fossil) پرندگان کارادرئیرمها دست کم متعلق به پلیوسن و احتمالاً از میوسن پیشین و سن ردپای *Antarctichnus* انوسن تا پلیوسن است (Doyle et al., 2000).

Ichnospecies *Antarctichnus* isp.

شکل های ۴ و ۶ A-B

نمونه‌ها (Materials): ۹ نمونه در آزمایشگاه مورد مطالعه قرار گرفتند که شامل یک تا بیش از ۲۰ اثر ردپا و در برخی انباشته از آثار می‌باشند.

توصیف (Description): شامل اثرهای ردپای پرندگان چهارانگشتی هستند که سه انگشت (انگشتان II تا IV) به سمت جلو و یک انگشت (انگشت I یا هالوکس) به سمت عقب آرایش دارند. اثر انگشتان باریک و غالباً مستقیم و به طور محدود خمیده هستند. اثر انگشت I کوتاه و باریک است که به سمت میانی مسیر حرکت متمایل است. در برخی ردپاها، اثر انگشت I خوب حفظ نشده است. آثار، عمدتاً به صورت برجسته در سطح زیرین چینه بندی حفظ شده‌اند. اثر کف پا، معمولاً مثلثی شکل است و در برخی، اثر این بخش از پا چندان واضح نیست. در نمونه‌هایی که خوب حفظ شده‌اند، اثر بند انگشتان نیز مشاهده می‌شود. نمونه‌ها فاقد اثر پرده بین انگشتی‌اند. ردپاها دارای چرخش مثبت هستند. جدول‌های ۱ و ۲ به ترتیب اطلاعات ژئومتری ردپاها و مسیر حرکت آنها را نشان می‌دهند.

بحث: نمونه‌های متعددی از این نوع آثار در بخشهای میانی توالی مورد مطالعه یافت شد و فراوانی آنها در لایه‌های زیرین یا رأسی اندک است. در مقایسه با نمونه‌های بوردیگالین سویس (Weidmann & Reichel, 1979)، به علت داشتن انگشتان باریک و مستقیم که در کف پای مثلثی شکل به یکدیگر می‌رسند و همچنین وجود یک بخش گرد در کف پا متمایزند همچنین این نمونه‌ها با نمونه‌های مورد مطالعه از *Gruipeda* (Panin & Avram, 1962) نیز متفاوتند، زیرا اثر انگشت I به سمت داخل مسیر حرکت متمایل است و در امتداد انگشت میانی (انگشت III) نیست. یکی از نمونه‌ها از نظر نوع حرکت و حفظ شدگی جالب توجه است (شکل D-E ۴)؛ زیرا این نمونه در یک لایه نازک سیلتستون به سببرای ۰/۵ cm ایجاد شده است. آثار ردپا به صورت فرورفته در سطح بالایی و قالب آنها درست در سطح زیرین لایه حفظ

چنگالهای مجزا دارد. طول انگشت III کمتر از ۲۵٪ بزرگ تر از انگشتان مجاور است. زاویه کلی بین انگشتان ۹۵ درجه یا کمتر است. انگشتان همگرا و در بخش عقبی به هم متصل است. بدون پرده بین انگشتی یا محدود به بخش های عقبی انگشتان است (Sarjeant & Langston, 1994).
بحث: Vialov (1966) بر اساس ریخت فسیل رد پای مهره داران و شباهت آنها با نمونه های عهد حاضر، آثار را در گروه های کلی رده بندی کرد. برای نمونه، آثار رد پای پستانداران جفت سمی را Pecoripeda نامید که خود شامل *Gazellipeda*، *Ovipeda* و *Cervipeda* است و به ترتیب مربوط به آثار رد پای عهد حاضر غزالها، گوسفندان و آهوان هستند. بر این اساس، وی رد پای پرندگان را *Avipeda* نامگذاری نمود و نمونه هایی از میوسن اوکراین را شرح داد. مقاله (Vialov, 1966) در دسترس مؤلف نبوده و لذا مشخصه اصلاح شده توسط Sarjeant & Langston (1994) را در اینجا آورده ایم. همان گونه که مشاهده می شود، در این مشخصه به وجود آثار چنگال و اتصال انگشتان در بخش عقبی به همدیگر اشاره شده است. این در حالی است که نمونه هایی توسط Sarjeant & Langston (1994) و Santucci & Nyborg (1999) و Scrivner & Bottjer (1986) با نام *Avipeda* گزارش شده اند و آنچه که آنها توصیف نموده و به تصویر در آورده اند، چندان با مشخصه اصلاح شده همخوانی ندارند. در هر حال، در اینجا نام *Avipeda* به عنوان نام کلی رد پای پرندگان تلقی شده و نمونه هایی به شرح زیر توصیف می شوند:

Ichnospecies *Avipeda* isp. A

شکل C ۴

نمونه ها: چهار نمونه آرایش یافته در یک مسیر، در صحرا مطالعه شدند و همچنین دو نمونه منفرد با حفظ شدگی ضعیف به همراه *Antarctichnus* isp. در آزمایشگاه مطالعه شد.

توصیف: رد پای های سه انگشتی که به صورت قالب برجسته در سطح زیرین لایه بندی باقی مانده اند. فاقد اثر کف پا بوده و فقط اثر انگشتان مشاهده می شوند. انگشتان کشیده با نوک باریک و تیز هستند. انگشت III مستقیم و انگشتان II و IV خمیده به سمت داخل یا خارج است. در هیچ یک از نمونه ها اثر انگشت I یا اثر چنگال وجود ندارد. جدول های ۱ و ۲ اطلاعات ژئومتری آثار و مسیر حرکت را نشان می دهند.

بحث: این آثار از نظر ابعاد و زاویه بین انگشتی مشابه ایکنوجنس Vialov 1989 *Iranipeda* هستند ولی به علت نبود اثر انگشت I، از آن متمایز می شوند. همچنین از نظر شکل انگشتان و نبود اثر کف پا و انگشت I مشابه *Trisauropodiscus galliforma* می باشند که توسط Ellenberger (1972) از رسوبات تریاس پسین و ژوراسیک آفریقای

بخش پشتی اثرها نیم دایره ای است. تعدادی از نمونه ها به همراه قالب ترک گلی هستند. جدول ۱ اطلاعات ژئومتری این گونه را نشان می دهد. نمونه هایی که در یک مسیر آرایش یافته باشند تا با آنها بتوان اطلاعات ژئومتری مسیر حرکت را به دست آورد، یافت نشد.

بحث: نمونه های مطالعه شده، مشابه گونه *C. tridens* هستند، اما تفاوت های اندکی با شکل به تصویر در آمده توسط Sarjeant & Reynolds (2001) دارند که این تفاوتها شامل وجود آثار خطواره بر روی اثر پرده بین انگشتی، کاملاً نوک تیز نبودن انگشتان و عدم امتداد زیاد انگشتان II و IV نسبت به پرده بین انگشتی است. با این حال، با توجه به حفظ شدگی مناسب و کامل بودن نمونه ها به گونه ای که بتوان بخش پشتی اثر را دید (در نمونه الگو هولوتیپ بخش عقبی اثر رد پا وجود ندارد) و مشابهت قابل توجه، به گونه *C. tridens* نسبت داده شدند. از آنجا که در این نمونه ها اثر بند انگشتان مشاهده نمی شود، این نمونه ها از گونه *C. asica* متمایز هستند. به نظر می رسد این اثر رد پاها توسط پرندگان راسته آنسری فرما (Anseriforms) ایجاد شده باشند.

Ichnospecies *Culcitapeda* isp.

شکل های C-D و ۵ و ۶ D

نمونه ها: سه نمونه در آزمایشگاه و ۲۲ نمونه در صحرا مورد مطالعه قرار گرفتند. توصیف: نمونه ها به صورت قالب برجسته در سطح زیرین لایه بندی یا اثر فرورفته در سطح زیرین لایه بندی حفظ شده و اغلب دارای حفظ شدگی ضعیف و نامناسب هستند. همچنین شامل اثر رد پای پرندگان پا اردکی هستند که اثر انگشتان، بویژه انگشتان II و IV و گاهی اثر پرده بین انگشتی، واضح و مشخص نیست. انگشتان از محل پرده بین انگشتی به سمت جلو ادامه دارند. حاشیه عقبی آنها نیم دایره است. در برخی نمونه ها، بخش جلویی انگشت III برجسته تر بوده و بر روی آن آثار خطواره طولی مشاهده می شود. سطح آثار ممکن است صاف یا ناهموار باشد. نوک انگشتان گرد است. در نمونه هایی از این گروه که در صحرا مطالعه شدند مسیر حرکت پرندگان به سمت شمال تشخیص داده شد. جدول های ۱ و ۲ اطلاعات ژئومتری رد پاها و مسیر حرکت را نشان می دهند.

بحث: ویژگی های این نمونه ها با مشخصه ایکنوجنس *Culcitapeda* همخوانی دارد. نسبت به گونه *C. eccentrica* انگشت III باریک تری دارند. در مقایسه با نمونه های پا اردکی مشابه الیگوسن شمال اسپانیا (Raaf et al., 1965)، انگشت III در آنها بسیار کوتاه تر است.

Ichnogenus *Avipeda* (Vialov, 1966)

مشخصه اصلاح شده (Emended Diagnosis): رد پای پرندگان با اندازه کوچک تا بزرگ است که سه انگشت کوتاه و کلفت با آثار

گره‌سانان محدود کردند که آثار چنگال آنها معمولاً کوتاه در بالای انگشتان بوده، یا به طور کل، فاقد آثار چنگال هستند. آثار انگشتان تقریباً هم اندازه است و به صورت نیم دایره‌ای در جلوی اثر کف پا آرایش یافته‌اند.

Ichnospecies Bestiopedia isp.

شکل ۶ E

نمونه: یک نمونه در آزمایشگاه مطالعه گردید.

توصیف: اثر رد پا یا رد دست پستانداری از گروه گره‌سانان است که به صورت فرورفته در سطح بالایی رسوب حفظ شده است. اثر کف پا مثلثی شکل است که اثر چهار انگشت بیضوی شکل در سمت جلوی آن و در یک ردیف آرایش یافته‌اند. فرورفتگی انگشتان V و IV (دو انگشت سمت چپ) بیشتر از انگشتان II و III (سمت راست) و به طور متوسط ۱۵ میلی‌متر است. حاشیه بین انگشتان واضح است. اثر چنگال در جلوی انگشتان دیده نمی‌شود. جدول ۳ اطلاعات ژئومتری این اثر را نشان می‌دهد.

بحث: اثر ردپای گره‌های امروزی دارای اثر کف پای بزرگ در سمت عقب و اثر چهار انگشت در سمت جلو که در یک ردیف آرایش یافته‌اند می‌باشد و بر خلاف اثر ردپای سگ سانان که همیشه چنگالهای آنها بیرون است، فاقد اثر چنگال در جلوی انگشتان است (مگر در هنگام دیدن یا جهیدن) (Murie, 1974). همچنین بخش عقبی اثر کف پای گره‌سانان مانند بیرهای امروزی، شامل سه لب است (Smith et al., 1999). در کل، در مقایسه با ردپاهای امروزی، نمونه مورد بحث متعلق به گره‌سانان است. در این نمونه، از آنجا که درازترین انگشت، دومین انگشت از سمت راست است لذا مربوط به پا یا دست سمت چپ جانور می‌باشد (خالق زاده بیگ، ۱۳۸۱) بنابراین، انگشت II سمت راست و انگشت V سمت چپ قرار دارند. این نمونه از نظر آرایش انگشتان II و III مشابه گونه *Chelipus therates* Remeika, 1999 است، ولی به علت عدم تقارن و نزدیکی ابعاد انگشتان II و V با آن متفاوت است.

Ichnonenus Credontipes Santamaria et al., 1990

مشخصه: اثر ردپای پستاندار پنجه رو چهار انگشتی با اندازه متوسط (۷۵-۴۰×۵۹-۴۶) است. اثر سه انگشت اندکی کشیده و نوک آنها گرد تا نوک تیز است و تقریباً به صورت شعاعی در سمت جلوی اثر کف پا آرایش یافته‌اند. اثر کف پا نیم دایره‌ای است که سمت عقب آن به صورت مقعر یا مستقیم می‌باشد. چهارمین انگشت، کوتاه‌تر و اندکی عقب‌تر از سه انگشت یاد شده قرار دارد. دو گونه به نامهای *C. mongayensis* و *C. almenarensis* دارد.

جنوبی گزارش شده است. گونه مذکور مشابه ردپاهای پرندگان امروزی است و احتمالاً توسط دایناسورهای سه انگشتی ایجاد شده است. هرچند این گونه را Lockley et al. (1992) با گونه *T. moabensis* (دارای اثر کف پا) یکی دانسته‌اند و به طور مشکوک ردپای شبیه ردپای پرندگان تلقی کرده‌اند، ولی همان گونه که ذکر شد، گونه *T. galliforma* به احتمال قوی اثر ردپای یک دایناسور دوپای سه انگشتی است.

Ichnospecies Avipeda isp. B

شکل ۵ E

نمونه‌ها: یک نمونه در صحرا و یک نمونه در آزمایشگاه مطالعه شد.

توصیف: نمونه به صورت اثر برجسته در سطح زیرین لایه بندی یا فرورفته در سطح بالایی حفظ شده‌اند. اثرها مربوط به ردپای پرند سه انگشتی با انگشتان مستقیم، کلفت و بیضوی کشیده است. اثر انگشتان، اثر چنگال ندارد و نوک آنها گرد است. فاقد اثر کف پا نیز می‌باشند و اثرهای انگشتان با فاصله نسبت به یکدیگر و بدون اثر پرده بین انگشتی هستند. اثر انگشت چپ در قالب طبیعی واضح تر از اثر انگشت راست است. بر روی انگشتان اثر خطواره طولی دیده می‌شود. فاصله انگشت III تا محل تقریبی کف پا، قابل توجه است. جدول ۱ اطلاعات ژئومتری این آثار را نشان می‌دهد.

بحث: این آثار نسبت به ایکنوجنس *Roepichnus* Doyle et al., 2000 دارای انگشتان ضخیم‌تر و انگشتان II و IV کوتاه‌تر هستند. از آنجا که انگشت III به بخش کف پا یا به انگشتان دیگر نمی‌پیوندد از نمونه *Avipeda isp. B* در Santucci & Nyborg, 1999 متمایز است.

ب- ردپای پستانداران

در بخشهای رأسی توالی مورد مطالعه تنها دو نمونه اثر ردپای پستانداران یافت شد که در زیر توصیف می‌شوند:

Ichnogenus Bestiopedia (Vialov, 1965)

مشخصه اصلاح شده: آثار ردپای پستاندار کف رو (Plantigrade) تا نیمه کف رو با چهار انگشت (II تا V) است که انگشتان گرد تا بیضوی یا کشیده هستند و به صورت نیم دایره‌ای در جلوی اثر کف پا و چسبیده به آن یا با اندکی فاصله آرایش یافته‌اند. اندازه اثر انگشتان تقریباً برابر است. ممکن است اثر چنگال در جلوی انگشتان وجود داشته باشد ولی معمولاً موجود نیست (Sarjeant & Langston, 1994).

بحث: ایکنوجنس *Bestiopedia* ابتدا بر اساس ردپای بوردیگالین اوکراین برای تمام آثار ردپای گوشتخواران معرفی شد (Vialov, 1965). در Sarjeant & Langston (1994) نام *Bestiopedia* را فقط به ردپای

توسط اندام نرم و نیز سخت است. به عبارتی در اثر فسیل‌ها می‌توان آثار اندام‌های نرم را نیز جستجو کرد. مثلاً در آثار رد دست و پای مهره داران، اندازه به دست آمده به اندازه واقعی دست و پا نزدیک تر است تا اندازه ای که از طریق مطالعه استخوانهای فسیل شده به دست می‌آید. از برتریهای دیگر مطالعات ایکنولوژی، شناخت بهتر تاریخچه حیات است؛ آثار فعالیت‌های حیاتی پرباختگان اولیه که در کنار فسیل‌های پیکره ای باقی مانده‌اند، بازتاب کننده تنوع، ماهیت، کمیت و پراکنش جانداران ابتدایی هستند. بسیاری از پژوهشگران بر این باورند که نخستین آثار حیاتی کره زمین را باید از روی اثر فسیل‌ها جستجو کرد، چرا که به احتمال قوی، اولین پرباختگان فاقد اندام سخت قابل فسیل شدن بوده‌اند (Crimes & Droser, 1992). در همین زمینه می‌توان مثالی از قدیمی‌ترین رد پای پرنده یافت شده و زمان ظهور پرندگان اولیه ارائه داد: نخستین پرنده فسیل شده آرکتوپتریکس (Archaeopteryx) به سن ژوراسیک پسین است که از آهکهای زولن هوفن باواریا در آلمان یافت شده است. اجداد پرندگان را دایناسورهای کولوروسروس به سن ژوراسیک پسین می‌دانند که پرندگان در انتهای ژوراسیک از آنها انشعب یافته‌اند. به تازگی رد پای پرندگان مشابه رد پای پرندگان چهارانگشتی امروزی از شمال خاور آرژانتین یافت شده است که حدود ۵۵ میلیون سال قدیمی‌تر از قدیمی‌ترین فسیل پیکره‌ای پرندگان (آرکتوپتریکس) بوده و مربوط به تریاس پسین می‌باشد (Melchor et al., 2002). شاید این موضوع نه تنها کولوروسروس را به عنوان جد پرندگان زیر سؤال می‌برد، بلکه نشان می‌دهد که احتمالاً پرندگان زودتر از آرکتوپتریکس ظاهر شده‌اند.

رد پای متنوع و فراوان پرندگان از زمان کرتاسه تا عهد حاضر گزارش شده است که مربوط به پرندگان ساحلی کارادریفرمها، پرندگان ساحلی پادراز (Waders)، سیکونی فرمها (Ciconiiformes) مانند حواصیل‌ها و پرندگان آبی مانند اردکها و غازها (Anseriformes) می‌باشند (Grebner & Lockley, 1992; Lockley et al., 1992). زمان میوسن، زمان ظهور یا شروع شکوفایی پرندگان امروزی است (Chiappe, 1995). رد پای پرندگان متنوعی از زمان میوسن گزارش شده که شامل ردپاهای پاردکی با اثر انگشت I، ردپاهای اردکی فاقد اثر انگشت I، و انواع ردپاهای چهارانگشتی یا سه انگشتی است (Vialov, 1965; Panin, 1965; Panin & Avram, 1962; Weidmann & Reichel, 1979; Sarjeant & Longston, 1994; Sarjeant & Reynolds, 2001). گونه *Iranipeda abeli* (Lambrecht, 1938) نخستین رد پای پرنده به سن پلیوسن از ایران است (Vialov, 1989). ایکنوجنس *Iranipeda* از رسوبات میوسن جنوب اسپانیا نیز گزارش شده است که با ایکنوجنس

بحث: این اثر رد پای قابل مقایسه با اثر رد پای ایکنوجنس‌های مربوط به گوشخواران است که با نامهای مختلف از رسوبات ائوسن تا پلیوسن اروپا گزارش شده‌اند. (Kordos, 1985) آثار رد پای پستانداران از رسوبات بوردیگالین مجارستان را گزارش کرده که در میان آنها گونه *Mustelipeda punctuata* از نظر اندازه مشابه ایکنوجنس *Credontipes* است، با این تفاوت که اثر کف پای آن همیشه گرد با پنج انگشت متصل به آن است. *Credontipes* مربوط به سرودونتا (Creodonta) و احتمالاً کفتارها (Hyaenodon) می‌باشد (Santamaria et al., 1990).

Ichnospecies *Credontipes* isp.

شکل ۶F

نمونه: یک نمونه که در آزمایشگاه مورد مطالعه قرار گرفت. توصیف: این نمونه شامل اثرهای دست و پای یک پستاندار است که به صورت فرورفته در سطح بالایی رسوب حفظ شده‌اند. به علت اینکه رد پای بر روی رد دست اثر گذاری شده، بخش قابل توجهی از رد دست حذف گردیده و فقط سه انگشت آن قابل مشاهده است. اثر کف پای تقریباً گرد بوده و انگشتان نسبتاً بلند و به سمت جلو آرایش یافته‌اند. اثر چنگال در نوک انگشتان دیده نمی‌شود. فاصله اثر انگشتان تقریباً برابر و به طور قرینه هستند. در جدول ۳ اطلاعات ژئومتری این اثر آمده است.

بحث: (Santamaria et al., 1990) نمونه‌هایی از اثر دست و پای پستانداری با نامهای *C. mongayensis* و *C. almenarensis* را از الیگوسن اسپانیا گزارش کردند. اثر پای شامل اثر کف پای تقریباً نیم دایره ای و انگشتان بیضوی کشیده و تا حدودی نوک تیز است و اثر دست با کف دایره ای شکل و انگشتان گرد می‌باشد. نمونه مورد مطالعه مشابه اثر پای *C. mongayensis* است ولی از آن کوچک‌تر و با زاویه بین انگشتی متفاوت می‌باشد.

بحث

اثر فسیل‌ها (Trace fossils) نسبت به فسیل‌های پیکره‌ای (Body fossils) امتیازهای ویژه‌ای دارند. یکی اینکه برجا (*in situ*) می‌باشند، یعنی در همان مکان تشکیل باقی می‌مانند و در صورت جا به جایی و حمل، از بین می‌روند، مگر در موارد بسیار استثنایی و خاص که اثر فعالیت‌های زیستی در رسوب سخت و سنگی به صورت حفاری (Boring) ایجاد شده باشد و مجموعه رسوب سخت به همراه اثر فسیلی موجود در آن جا به جا شوند. اثر حرکت و راه رفتن مهره داران بر روی رسوبات نرم ایجاد می‌شوند بنابراین در صورت جا به جایی و حمل به سرعت از بین می‌روند. از امتیازهای دیگر اثر فسیل‌ها، امکان ایجاد آنها

قالب شکافی، قالب شیاری نشان دهنده جریانهای پر انرژی و آشفته، انواع موج نقش و لایه بندی متقاطع حاکی از ادامه داشتن روند رسوبگذاری و بالاخره قالب ترکهای گلی و قالب قطره‌های باران بازتاب کننده خروج موقتی از آب است. بررسی‌ها بر روی رسوبات تبخیری مناطق ایلجاق و قره آعاج (حدود ۴۰ کیلومتری باختر و جنوب روستای مشمپا) نشان می‌دهند که رسوبات تبخیری سازند سرخ بالایی در این مناطق در یک کفه نمکی (Salt pan) حاشیه دریایی نهشته شده‌اند (کلانتری زاده، ۱۳۸۰). در مجموع به نظر می‌رسد توالی مورد مطالعه نیز در یک حوضه کم ژرفا حاشیه دریایی یا دریاچه‌ای نهشته شده باشد.

نتیجه‌گیری

در منطقه مشمپا خروج موقتی رسوبات حاشیه حوضه‌ای از زیر آب و مرطوب و شکل پذیر بودن آنها امکان ثبت و باقی ماندن اثر ردپای پرندگان و پستانداران را فراهم کرده است. پرندگان ساحلی کارادریفرمها، پرندگان پا اردکی آنسری فرمها و پرندگان پنجه رو در زمان میوسن در منطقه مشمپا گسترش داشته‌اند و آثار ردپای آنها به صورت ایکنوتاکسونهای *Avipeda isp. A*, *Antarctichnus isp.*, *Culcitapeda isp.*, *Culcitapeda tridens*, *Aedvip isp. B* باقی مانده است. همچنین پستاندارانی از گروه گربه سانان در در زمان میوسن در این منطقه زندگی می‌کردند که آثار ردپای آنها به صورت *Bestiopeda isp.* و *Credontipes isp.* باقی مانده است.

سپاسگزاری

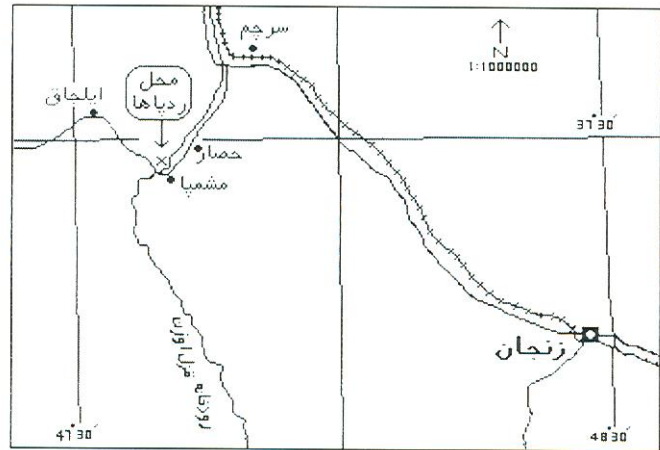
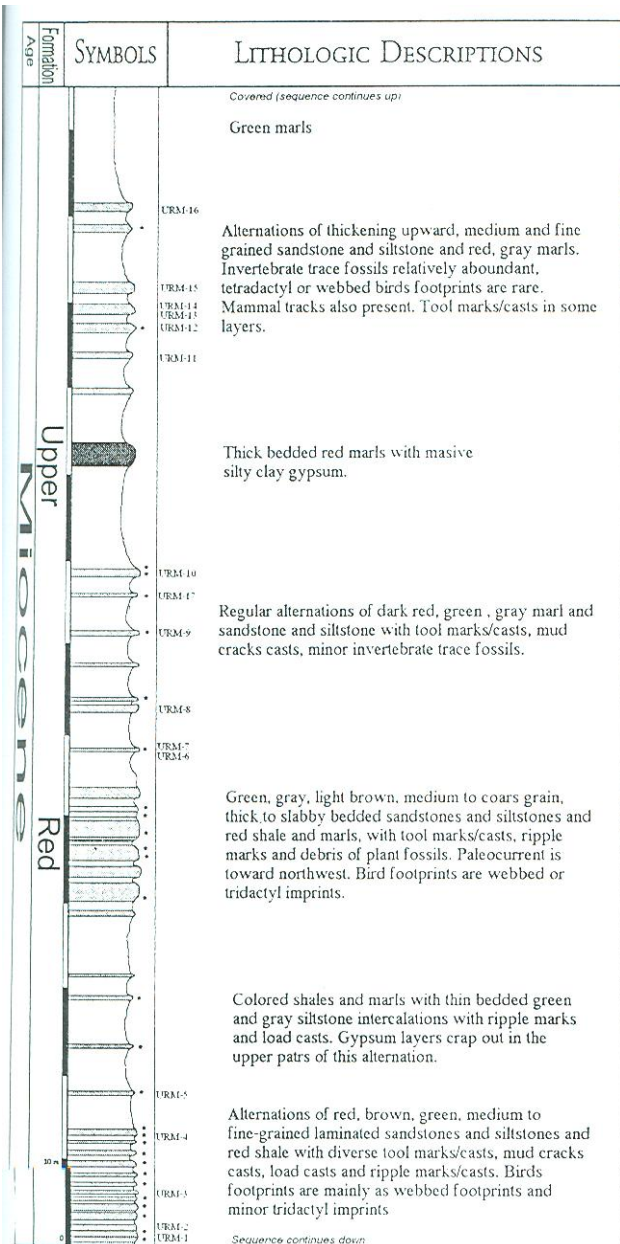
بدینوسیله نگارندگان از آقای دکتر عبدالحسین امینی (دانشگاه تهران) به خاطر ارائه رهنمودهای علمی ارزنده سپاسگزاری می‌نمایند. از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه زنجان به علت مساعدت و همکاری در به تصویب رسیدن و اجرای طرح پژوهشی مطالعات حاضر قدردانی می‌شود. از همکاران محترم طرح و همچنین از داوران علمی این مقاله که در پربار شدن محتوای علمی این نوشتار ما را یاری دادند متشکریم. از آقای مهدی شمس که در مطالعات صحرائی ما را یاری دادند سپاسگزاریم.

Antarctichnus همراه است. همچنین ردپای پرنده ائوسن از رسوبات سازند کرج در کوههای طارم نیز گزارش شده است (Abbassi & Lockley, in press). نمونه‌های یافت شده در منطقه مشمپا از نظر اندازه، شکل و زاویه بین انگشتان با نمونه‌های پلیوسن و ائوسن یاد شده تفاوت اساسی دارند. اثر پا اردکی *Culcitapeda tridens* توسط پرندگان آبی با انگشتان پرده‌دار (که اصطلاحاً پالمات *Palmate* گفته می‌شوند) ایجاد شده است. در این پرندگان سه انگشت کاملاً پرده دار بوده و انگشت I (در صورت وجود) از سایر انگشتان به نحوی جداست که با رسوب تماس نداشته است. زیرا در هیچ یک از ردپاهای یافت شده از این نوع اثر انگشت I مشاهده نمی‌شود. این وضعیت در پرندگان راسته آنسری فرمها (*Anseriformes*)، تیره آناتیده (*Anatidae*) مانند اردکها وجود دارد.

ردپای *Antarctichnus* توسط پرندگانی ایجاد شده است که دارای سه انگشت به اضافه انگشت I کوچک بوده‌اند. این ردپاها اندازه‌ای متوسط داشته و احتمالاً توسط پرندگان ساحلی پادراز راسته کارادریفرمها ایجاد شده‌اند. نمونه‌های مربوط به ایکنوجنس *Avipeda*، اثر ردپای پرندگان پنجه رو می‌باشند که فاقد اثر کف پا هستند.

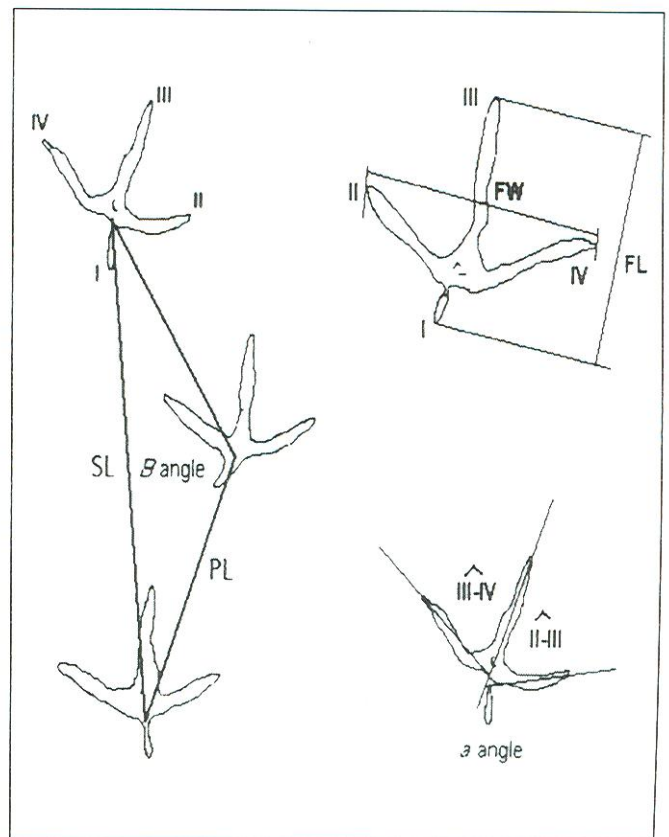
برای نخستین بار ردپای پستانداران از ایران، از نوع سم داران در رسوبات ائوسن منطقه بیرجند گزارش شده است (Ataabadi & Sarjeant, 2000). ردپای پستانداران گوشتخوار از همین زمان به همراه ردپای پرنده از کوههای طارم نیز ارائه شده است (Abbassi & Lockley, in press). دو نمونه ردپای پستانداران منطقه مشمپا مربوط به گوشتخواران و خانواده گربه سانان (*Felyida*) هستند و با داشتن شکل متفاوت و اندازه کوچک‌تر از نمونه‌های گزارش شده ائوسن فوق متمایز می‌شوند. نمونه‌های مشمپا از نظر آرایش انگشتان مشابه نمونه‌های ردپای گربه سانان ایالت‌های کالیفرنیا، نوادا و وایومینگ (Sarjeant et al. 2002) هستند، ولی به علت جدا بودن انگشتان از اثر کف پا و داشتن اثر کف پای کاملاً گرد از این نمونه متفاوت می‌باشند.

توالی مورد مطالعه عمدتاً شامل رسوبات مارن و سیلتستون است که دارای لایه‌های ماسه سنگی یا تبخیری نیز است. ساختهای فرسایشی موجود مانند

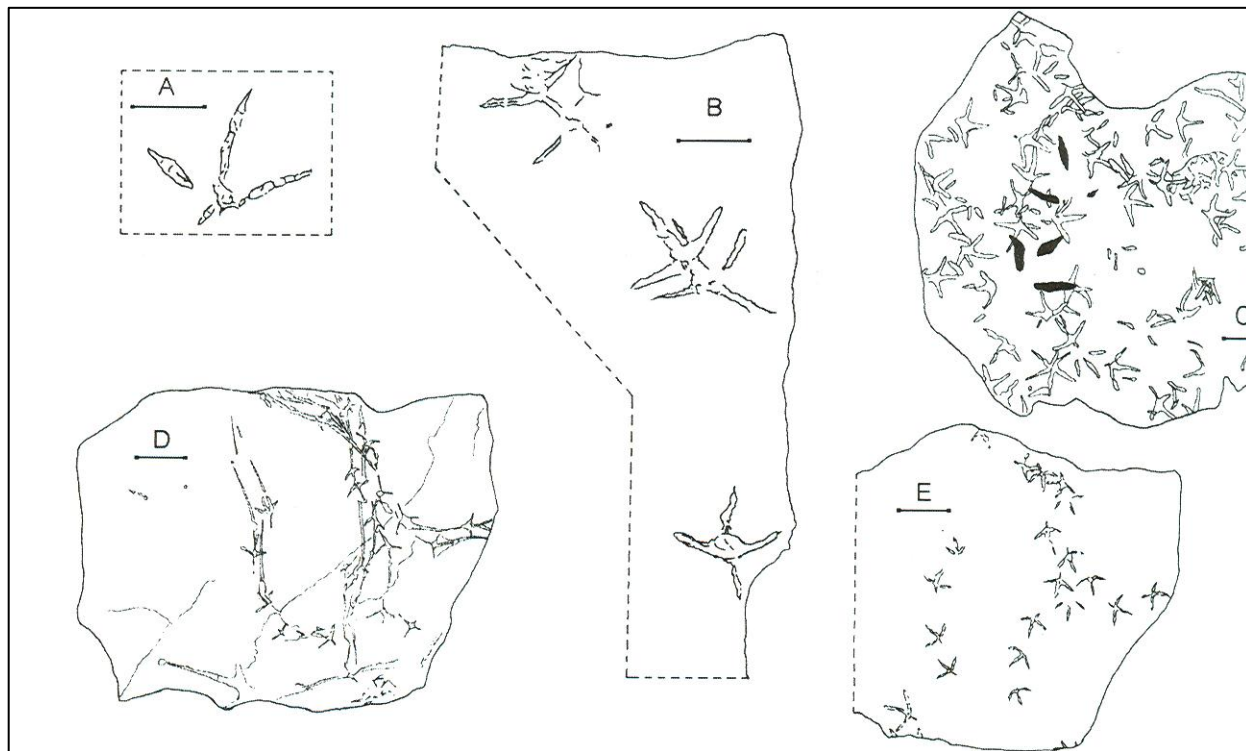


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی برش چینه شناسی مورد مطالعه.

شکل ۲- ستون چینه شناسی توالی مورد مطالعه. علامت ستاره محل نمونه‌های سنگ شناسی را نشان می‌دهد. UR-M xx شماره نمونه ردپای جمع آوری شده است.



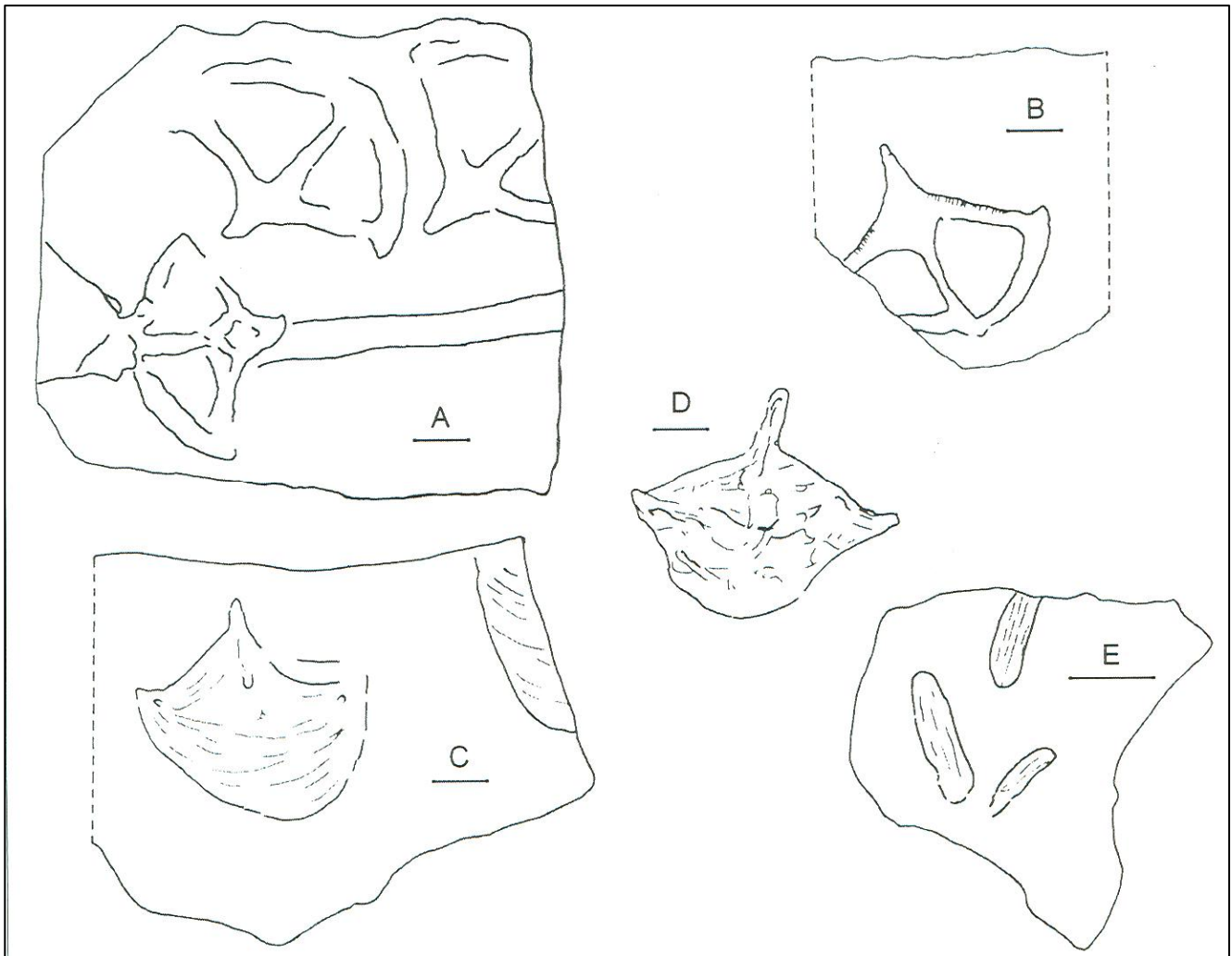
شکل ۳- ژنومتری آثار ردپای پرندگان؛ FL طول اثر ردپا، FW عرض اثر ردپا، I-IV شماره گذاری انگشتان، DL طول انگشتان، α زاویه بین انگشتان، SL طول گام بلند، PL طول قدم و β زاویه گام.



شکل ۴- آثار ردپای پرندگان *Avipeda* isp. A و *Antarctichnus* isp. (تصاویر A-E) در رسوبات سازند سرخ بالایی باختر مشمپا. آثار A، C و E به صورت برجسته در سطح زیرین و B و D به صورت فررفته در سطح بالایی رسوب حفظ شده‌اند. تصاویر D و E به ترتیب مربوط به سطح بالایی و زیرین یک نمونه هستند. مقیاس تصاویر A و B ۲ سانتی متر و بقیه ۵ سانتی متر است.

جدول ۱- ابعاد و اطلاعات ژئومتری ردپاهای پرندگان در سازند سرخ بالایی

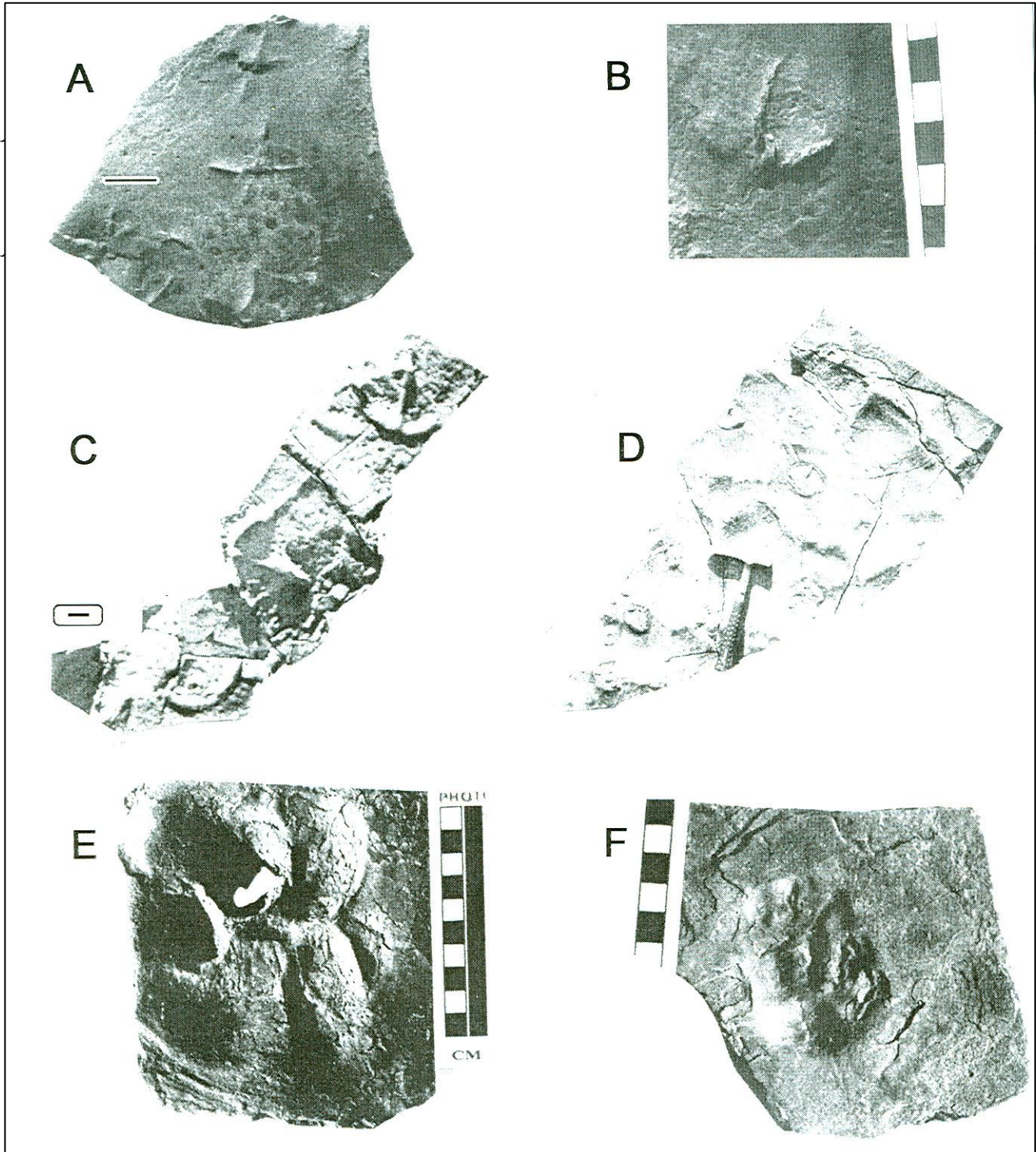
| رد پا | تعداد اندازه گیری شده | طول رد پا mm | پهنای رد پا mm | طول انگشتان mm | | پهنای انگشتان mm | | زاویه بین انگشتان | |
|----------------------------|-----------------------|--------------|----------------|----------------|--------|------------------|--------|-------------------|--------|
| | | | | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر | II-III | III-IV |
| <i>Antarctichnus</i> isp. | ۱۰۸ | ۳۲ | ۳۷ | ۱۲ | ۲۱ | ۲ | ۴ | ۶۶ | ۶۶ |
| <i>Culcitapeda tridens</i> | ۸ | ۷۰ | ۸۷ | ۴۴ | ۷۱ | ۴ | ۱۰ | ۶۰ | ۵۲ |
| <i>Culcitapeda</i> isp. | ۲۳ | ۷۹ | ۹۱ | ۵۰ | ۸۸ | ۷ | ۱۰ | ۵۴ | ۵۳ |
| <i>Avipeda</i> isp. A | ۴ | ۷۰ | ۷۶ | ۱۷ | ۴۳ | ۸ | ۲۱ | ۵۵ | ۴۲ |
| <i>Avipeda</i> isp. B | ۱ | ۶۲ | ۴۰ | ۲۴ | ۳۲ | ۵ | ۹ | ۳۴ | ۳۵ |



شکل ۵- آثار رد پای پرندگان *Culcitapeda tridens* (تصاویر A و B)، *Culcitapeda isp.* (تصاویر C و D) و *Avipeda isp.* (تصویر E). نمونه‌های A-C و E به صورت برجسته در سطح زیرین و نمونه D به صورت فرورفته در سطح بالایی رسوب حفظ شده‌اند. مقیاس تمام تصاویر ۲ سانتی‌متر است.

جدول ۲- ابعاد و اطلاعات ژئومتری مسیر حرکت ردپاهای پرندگان در سازند سرخ بالایی

| رد پا | طول گام Stride mm | طول قدم Pace mm | زاویه قدم |
|---------------------------|----------------------|--------------------|-----------|
| <i>Antarctichnus isp.</i> | ۱۲۳ | ۶۱ | ۱۵۳ |
| <i>Culcitapeda isp.</i> | ۵۴۳ | ۲۴۲ | ۱۶۷ |
| <i>Avipeda isp. A</i> | ۶۴۲ | ۲۳۷ | ۱۶۲ |



شکل ۶- عکس برخی از آثار ردپای مطالعه شده: A و B- اثر فسیلی *Antarctichnus isp*؛ C- اثر فسیلی *Culcitapeda tridens*؛ D- اثر *Culcitapeda isp* همراه با قالب ترکهای گلی؛ E- اثر فسیلی *Bestiopedia isp* و F- اثر فسیلی *Credontipes isp*. آثار A-D به صورت برجسته در سطح زیرین لایه بندی و آثار E-F صورت فرورفته در سطح بالایی لایه بندی حفظ گردیده‌اند. مقیاس تصاویر A و C، ۲ سانتی متر است.

جدول ۳- ابعاد و اطلاعات ژئومتری ردپاهای پرندگان در سازند سرخ بالایی

| رد پا | طول رد پا mm | پهنای رد پا mm | طول انگشتان mm | | | | پهنای انگشتان mm | | | | زاویه بین انگشتان | | | طول کف پا mm | پهنای کف پا mm |
|-------------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|-----|-----|----|---------------------|-----|----|----|-------------------|--------|------|-----------------|-------------------|
| | | | II | III | IV | V | II | III | IV | V | II-III | III-IV | IV-V | | |
| | | | <i>Bestiopedia isp.</i> | ۱۲۵ | ۱۱۸ | ۳۴ | ۵۹ | ۵۴ | ۳۹ | ۳۷ | ۴۴ | ۳۴ | ۴۵ | | |
| <i>Credontipes isp.</i> | ۴۰ | ۴۹ | ۲۵ | ۲۷ | ۲۷ | ۲۳ | ۵ | ۴ | ۴ | ۳ | ۱۱ | ۱۴ | ۲۶ | ۲۱ | ۲۹ |

کتابنگاری

خالق زاده بیگک، ص.، ۱۳۸۱- نمایه ها و کاربرد آنها در شناسایی پستانداران. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه اصفهان، ۷۶ صفحه.
 رحیم زاده، ف.، ۱۳۷۳- الیگوسن، میوسن، پلیوسن. طرح تدوین کتاب، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، ۳۱۱ صفحه.
 کلاتر زاده، ز.، ۱۳۸۰- تعیین محیط رسوبی نهشته های تبخیری شمال غرب زنجان با استفاده از شواهد پتروگرافی و ژئوشیمیایی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۱۱۶ صفحه.

References

- Abbassi, N., Lockley, M. G. (in press) Eocene bird and mammal tracks from the Karaj Formation, Tarom mountains, northwestern Iran. *Ichnos*.
- Amini, A., 1997- Provenance and Depositional Environment of the Upper Red Formation, Central Zone Iran. Ph.D. thesis, Manchester University, 320pp.
- Ataabadi, M. M., Sarjeant, W. A. S., 2000- Eocene mammal footprints from eastern Iran: a preliminary study. *Earth and Planetary Sciences* 331: 543-547.
- Chiappe, L. M., 1995- The first 85 million years of avian evolution. *Nature*, 378: 349-355.
- Covacevich, V., Lamperein, C., 1970- Hallazgo de icnotas en Peninsula Fildes, Isle Rey Jorge, Archipiélago Shetland del Sur, Antarctica. Instituto Antartico Chile o, ser. Científica, V. 1(1): 55-74.
- Crimes, T.P., Droser, M.L., 1992- Trace fossils and bioturbation: the other fossil record. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 23: 339-360.
- Doyle, P., Wood, J. L. & George, G. T., 2000- The shorebird ichnofacies: an example from the Miocene of Southern Spain. *Geol. Mag.* 137 (5): 517-536.
- Ellenberger, P., 1972- Contribution à la classification des pistes de Vertébrés du Trias: les types du Stormberg d'Afrique du Sud. I. Palaeovertebrata, Memoire Extraordinaire Montpellier: 104 pp.
- Greben, R., Lockley, M. G., 1992- Vertebrate tracks from the Green River Formation, eastern Utah: implications for paleoecology. *Geol. Soc. of America, Rocky Mountain Section, Abstracts with Programs* 24(6): 16 pp.
- Lambrech, K., 1938- *Urmiornis abeli* n. sp., eine Pliozäne Vogelfährte aus Persien. *Palaeobiologica*, 6(2): 242-245.
- Lapparent, A. F. de, Davoudzadeh, M., 1972- Jurassic dinosaur footprints of the Kerman Area Central Iran. *Geol. Survey of Iran, Report No* 26:5-22.
- Lockley, M. G., Yang, S. Y., Matsukawa, M., Fleming, F. & Lim, S. K., 1992- The track record of Mesozoic birds: evidence and implications. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 336: 113-134.
- Melchor, R. N., Valais, S. de, & Genise, J. F., 2002- Bird-like fossil footprints from the Late Triassic. *Nature* 417: 936-938.
- Müller, A. H., 1962- Zur Ichnologie, Taxiologie und Ökologie Fossiler Tiere. *Freiberger Forschungsh.*, c. 151: 5-49.
- Murie, O. J., 1974- A Field Guide to Animal Tracks (Peterson Field Guide, 9). Houghton Mifflin, Boston, Mass., 375 pp.
- Panin, N., 1965- Coexistence de traces de pas de Vertébrés et des mécanoglyphes dans la molasse Miocène des Carpates Orientales. *Revue Roumaine de Géologie Géophysique et Géographie. Série de Géologie* 9: 141-164.
- Panin, N., Avram, E., 1962- Noe urme de vertebrate in Miocenul Subcarpatilor Ruminesti, studii Cercetări de Geologie 7:455-458.
- Pemberton, S. G., MacEachern, J. A. & Frey, R. W., 1994- Trace fossil facies models: environmental and allostratigraphic significance. In R. G. Walker and N. P. James (eds.) *Facies Models: Response to Sea Level Change*, Geol. Associ. Canada, second reprint, 47-72.

- Pettijhon, F. J., Potter, P. E. & Siever, R., 1987- Sand and Sandstone. Springer-Verlag Publications, 553 pp.
- Raaf, J. F. M. de, Beets, C. & van der Sluijs Kortebout, 1965- Lower Oligocene bird-tracks from northern Spain. Nature 207: 146-148.
- 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(2): 37-45.
- Santamaria, R. Lopez, G. & Casanovas-Cladellas, L., 1990- Nuevos yacimientos con icnitas de mamiferos del Oligoceno de los alrededores de Agramunt (Lleida, España). Paleontologia I Evolució, 23: 141-152.
- Santucci, V. L., Nyborg, T. G., 1999- Paleontological resource management, systematic recording, and preservation of vertebrate tracks within Death Valley, National Park, California. In R. E. Reynolds (ed.) Fossil Footprints. Redlands, San Bernardino County Museum Association Quarterly, 46(2): 21-26.
- Sarjeant, W. A. S., Langston, W., 1994- Vertebrate footprints and invertebrate traces from the Chadronian (Late Eocene) of Trans-Pecos Texas. Bulletin of the Texas Memorial Museum 36: 86pp.
- Sarjeant, W. A. S., Reynolds, R. E., 2001- Bird footprints from the Miocene of California, In R. E. Reynolds (ed.) The Changing Face of the East Mojave Desert. California State University Desert Studies Consortium, 21-40.
- Sarjeant, W. A. S., Reynolds, R. E. & Kissell-Jones, M. M., 2002- Fossil creodont and carnivore footprints from California, Nevada, and Wyoming. In R. E. Reynolds (ed.) Between the Basins: Exploring the Western Mojave and Southern Basin and Range Province. Fullerton, California State University, Desert Studies Consortium, 37-50.
- Scrivner, P. L., Bottjer, D. I., 1986- Neogene avian and mammalian tracks from Death Valley National Monument, California: their context, classification and preservation. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 57: 285-331.
- Seilacher, A., 1953- Studien zur Palicnologie. 1. Über die Methoden der Palicnologie: Neues Jahrb. Geologie, Paläontologie, Abhandl. V. 96: 421-452.
- Smith, J. L. D., McDougal, C., Ahearn, S. C., Joshi, A. & Conforti, K. 1999- Metapopulation structure of tigers in Nepal. In J. Seidensticker, S. Christie and P. Jackson (eds.) Riding the Tiger. Cambridge University Press, 176-193.
- Stöcklin, J., Eftekhari-nezhad, J., 1969- Explanatory Text of the Zanzan Quadrangle Map. Geol. Survey of Iran, report No D4, 61pp. [with 1:250000 geological map].
- Thulborn, T., 1990- Dinosaur Tracks. Chapman & Hall Publications, 410pp.
- Vialov, O. S., 1965- Stratigrafiya neogenovix molass Predcarpatskogo probiga: Naukova Dumka (Kiev), part K, 191pp.
- Vialov, O. S., 1966- Sledy Zhiznedeyatelnosti Organizmow i Ikh Paleontologicheskoe Znachenie. Academy of Sciences, Ukrain, Kiev, 219pp.
- Vialov, O. S., 1989- Pliocene bird tracks from Iran assigned to the genus *Urmiornis*, Paleontological Journal, 3: 120-121.
- Weidmann, P. M., Reichel, M., 1979- Trace de pattes d'oiseaux dans la Molasse Suisse. Eclogae Geol. Helv. 72(3): 953-971.

*گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان

**گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران

*Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan

**Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Tehran