

اثرشناسی ردپای پستانداران میوسن در سازند سرخ بالایی، برش ایوانکی، خاور تهران

نوشته: نصراله عباسی* و عبدالحسین امینی**

* گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان ** دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران

Ichnology of Miocene Vertebrate Footprints in the Upper Red Formation, Evan-e-Key Section, East Tehran, Iran

By: N. Abbassi* & A. H. Amini**

* Department of Geology, Faculty of Science, University of Zanjan.

** School of Geology, University College of Science, University of Tehran.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۰۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵/۱۱/۱۸

چکیده

سازند سرخ بالایی در برش ایوانکی از توالی کنگلومرا، ماسه سنگ، گل‌سنگ و افق‌های تبخیری (gypsum) با برتری گل‌سنگ‌های ژپس‌دار (gypsiferous mudstones) تشکیل شده است که در توالی‌های ریز شونده به سمت بالا (fining upward) مرتب شده‌اند. این سازند خود به صورت یک بزرگ توالی (megasequence) ریز شونده به سمت بالاست، به گونه‌ای که نیمه زیرین با برتری ماسه سنگ و نیمه بالایی با چیرگی گل‌سنگ مشخص است. در قاعده این سازند لایه‌های ژپس تا ستبرای ۱۰ متر مشاهده می‌شوند. بخش‌های مختلف این سازند، بویژه ماسه‌سنگ‌ها دچار هوازدگی شده‌اند. در لایه‌های ماسه‌سنگی بخش‌های میانی این سازند آثار ردپای پستانداران یافت می‌شود که عمدتاً به علت هوازدگی، تغییر شکل یافته و به صورت گودیهایی در سطوح لایه‌بندی باقی مانده‌اند. در این میان، دو اثر ردپای خوب حفظ شده مربوط به راسته گوشتخواران (Carnivoripedida) تشخیص داده شد که یکی از آنها ایکنوجنس *Chelipus isp.* است که متعلق به گربه‌سانان می‌باشد. محیط‌های رسوبگذاری رخساره‌های این سازند، مخروط افکنه‌های با فراوانی جریان‌های خرده‌دار، سامانه رودخانه‌ای بریده بریده با برتری بار بستر شن و ماسه‌ای با دشتهای سیلابی گسترده و دریاچه‌های وسیع کویری همراه با باتلاق‌های محلی تعیین شده است که اثر ردپای پستانداران به طور عمده در رسوبات نرم و شکل‌پذیر پشته‌های کناری و طولی درون کانالها، حاشیه کانالها (overbank) و خاکریزهای طبیعی (Levee) بر جای مانده است.

کلید واژه‌ها: اثرشناسی، ردپای مهره‌داران، میوسن، سازند سرخ بالایی، ایوانکی، البرز مرکزی.

Abstract

The Upper Miocene Upper Red Formation in the Evan-e-Key Section is composed of conglomerates, sandstones, mudstones, and thin lenses of evaporates (gypsum). The formation is dominated by gypsiferous mudstones and characterized by fining-up cycles in this area. The whole formation occurs as a fining upward megasequence, in which the sandy facies dominate the lower half and muddy facies the upper half. Gypsum layers, up to 10 meters thick, are locally observed in the basal part. The formation has suffered an extensive weathering in the region, as a result of which primary features (e.g. sedimentary structures, trace fossils) are partially obscured. In the sandy units of the middle part of the formation some vertebrate footprints are observed, which are locally deformed due to intensive weathering of the rocks. Two types of Carnivoripedida footprints however, are distinguished and described here, so that well preserved *Chelipus isp.* is related to Felidae. Depositional environments including alluvial fans with abundant debris flows, gravelly bed load braided systems with wide flood plains and local swamps provided a good opportunity for development of the track makers. The transverse and longitudinal bars within the channels, levees, and over-bank sub-environments were found more suitable for development and preservation of the footprints. Comparing with other

sections of the formation (e.g. Qum area), desirable climate was found a major control on development of the vertebrate track maker in the Evan-e-key area.

Keywords: Ichnology, Vertebrate footprints, Miocene, Upper Red Formation, Evan-e-Key, Central Alborz.

۱- مقدمه

دقیقی در سایر مکانها نیز انجام شود. این پی جویها با بررسی رخنمونهای سازند سرخ بالایی در شمال ایوانکی آغاز شد که نتایج آن موضوع اصلی مقاله حاضر است. در بین ردپاهای مطالعه شده در این برش، نمونه‌هایی با حفظ شدگی خوب مشاهده می‌شوند که به گوشته‌خواران نسبت داده می‌شوند. این نمونه‌ها همراه با دیگر ردپاهای خوب حفظ نشده، در محدوده قلعه مخروبه دختر در مجاورت مظهر قنات روستای دوآب یافت شده‌اند (شکل ۱). دقت در پراکندگی این آثار در بخشهای مختلف سازند سرخ بالایی در برش ایوانکی و عدم حضور آنها در واحدهای مشابه در منطقه قم، امکان بررسی رابطه فراوانی آنها را با محیطهای رسوبی مختلف میسر می‌سازد.

۲- موقعیت جغرافیایی

نمونه‌های گزارش شده در این مقاله در شمال ایوانکی یافت شدند. برای دسترسی به لایه‌های دارای اثر ردپاها، پس از طی حدود ۱۲ کیلومتر در جاده ایوانکی به آبسرد، یک قلعه باستانی مخروبه به نام قلعه دختر در کنار مظهر قنات جنوب روستای احمد آباد قرار دارد (شکل ۱). نمونه خوب حفظ شده ردپاها در لایه ماسه‌سنگی سرخ رنگ و در سمت خاور قلعه یافت شدند. نمونه‌های با حفظ شدگی ضعیف در حدود یک کیلومتری جنوب این قلعه و در محلی که دشت سیلابی در سمت خاور رودخانه گسترش می‌یابد، قرار دارند.

۳- چینه شناسی

در گزارشهای قبلی، از سازند سرخ بالایی به نام سری ژیبس دار (Loftus, 1855)، لایه‌های سرخ قاعده‌ای نتون (Stahl, 1911) و سریهای سرخ میوسن (Dozy, 1955) نام برده شده است. توصیف سنگ‌شناسی این مجموعه نخستین بار توسط (Soder, 1951) با عنوان گروه سرخ بالایی صورت پذیرفت. وی این گروه را به دلیل تنوع سنگ‌شناختی و فراوانی سطوح ناپوستگی متشکل از سه سازند دانست: سازند پلیوسن با برتری ماسه‌سنگ و کنگلومرا در قاعده، سازند پل (Pel Formation) شامل ماسه‌سنگهای خاکستری و مارن با میان لایه‌های کنگلومرا در وسط و سازند

سازند سرخ بالایی، متشکل از ماسه‌سنگهایی با بلوغ بافتی و کانی‌شناسی بد، کنگلومراهای عدسی شکل با فراوانی قطعات سنگهای آذرین آتشفشانی و سنگ آهک و گل‌سنگهای حاوی کانیهای تیخیری و میان‌لایه‌هایی از ژیبس و مارن است که رخنمون وسیعی در ایران مرکزی و بخشهایی از دامنه جنوبی البرز دارند. بررسی مشخصات سنگ‌شناسی رخساره‌های تشکیل دهنده این سازند آواری، نشان می‌دهد که رسوبات آن در محیط رسوبی مخروط افکنه، سامانه‌های رودخانه‌ای بریده بریده با برتری بار بستر شن و ماسه‌ای دارای (gravelly and sandy bed-load braided river systems) دشتهای سیلابی گسترده در پایین دست جریان، و دریاچه‌های کویری نسبتاً وسیع و باتلاقیهای محلی ایجاد شده است (Amini, 1997). این سازند از نظر مشخصات سنگ‌شناختی، وضعیت محیط رسوبگذاری و رخنمونهای گسترده قابل دسترس، بهترین شرایط برای مطالعات اثرشناسی (ichnology) ردپای مهره‌داران میوسن را دارد.

مطالعه ردپاهای موجود در این سازند از دو جهت دارای اهمیت است: یکی اینکه زمان میوسن زمان شکوفایی و گسترش بسیاری از مهره‌اران امروزی یا منقرض شده نتون است و دیگر اینکه رخساره‌های سازند سرخ بالایی عمدتاً در شرایط محیطی اکسیدی نهشته شده‌اند که در چنین محیطی، قابلیت فسیل شدن جانوران و در نتیجه ایجاد فسیلهای پیکره‌ای (body fossils) اندک است. بنابراین بررسیهای اثرشناسی ردپای مهره‌داران در این رسوبات، افزون بر کمک شایان در شناسایی مهره‌داران میوسن ایران و فسیل‌شناسی سازند سرخ بالایی، شرایط حفظ و فسیل شدن اثر فسیلها را در چنین محیط رسوبی تحلیل می‌کند.

در مطالعات پیشین به طور محدود و پراکنده، به وجود آثاری (traces) از جانوران (رحیم‌زاده، ۱۳۷۳) یا ردپای مهره‌دارانی که شناسایی آنها نیاز به بررسیهای دقیق‌تر دارد (Amini, 1997)، در این سازند اشاره شده است. در مقابل، مطالعات اخیر در منطقه مشمپا در باختر زنجان، وجود آثار متنوعی از ردپای مهره داران (بویژه پرندگان) را در سازند سرخ بالایی نشان داده است (عباسی، ۱۳۸۲ و عباسی و شاکری، ۱۳۸۴). موارد مذکور همراه با وجود پتانسیل اثرشناسی خوب در این سازند، انگیزه‌ای شد تا پی جویها و مطالعات

از رخساره‌های استاندارد گزارش شده از محیطهای رسوبی شناخته شده (Walker, 1992; Reading, 1996; Miall, 2000)؛ شرایط رسوبی هر یک از رخساره‌ها تعیین شده که نتایج حاصل همراه با توصیف رخساره‌های سنگی در جدول ۱ خلاصه شده است. بر این اساس، محیطهای رسوبگذاری رخساره‌های این سازند مخروط افکنه‌های با فراوانی جریانهای خرده‌دار، سامانه رودخانه‌ای بریده بریده با برتری بار بستر شن و ماسه‌ای با دشتهای سیلابی گسترده و دریاچه‌های کویری وسیع همراه با باتلاقهای محلی تعیین شده است (Amini, 1997). نقش فرایندهای بادی (aeolian) در ته‌نشینی رسوب، در همه محیطهای ذکر شده به طور بخشی مشاهده شده است. سامانه‌های موازی رودخانه‌های بریده بریده در دامنه ارتفاعات حاشیه جنوبی (زون آتشفشانی ائوسن و دگرگونیهای سندج-سیرجان) و شمالی (ارتفاعات البرز) مسئول حمل ذرات آواری از ارتفاعات جوان و در حال شکل‌گیری به محیطهای رسوبگذاری بوده‌اند.

فرونشینی مستمر بخش مرکزی حوضه (ایران مرکزی) همزمان با بالا آمدگی رشته‌کوههای حاشیه‌ای فضای لازم برای رسوبگذاری این مجموعه نسبتاً ستبر را فراهم نموده است. تغییر شرایط آب و هوایی در بخشهای مختلف حوضه از روی تنوع سنگ‌شناسی برشهای مختلف به خوبی قابل درک است. حاشیه شمالی برشهای ایوانکی، گرمسار، بنه‌کوه) در مقایسه با حاشیه جنوبی (قم، سلفچگان، رودشور) از آب و هوای مرطوب‌تری برخوردار بوده است. وجود فسیل‌های گیاهی در بخشهایی از این سازند در حاشیه شمالی همراه با میان لایه‌های مارن گویای این مطلب است. بر همین اساس به نظر می‌رسد در مناطق حاشیه شمالی حوضه، به دلیل شرایط آب و هوایی مساعدتر، فعالیت‌های زیستی بیشتری وجود داشته است. از این رو برای مطالعه ردپای پستانداران مناسب‌تر تشخیص داده شده است.

۵- روشهای مطالعه

بررسی اثر فسیل (trace fossil) ردپاها نیاز به روشهای مطالعاتی خاص دارد. معمولاً تخته سنگهای دارای آثار ردپای جانوران، ابعاد نسبتاً وسیعی دارند به طوری که نمونه‌برداری از آنها به راحتی ممکن نیست، در این صورت عموماً بررسی و جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها در صحرا انجام می‌پذیرد. در مواردی می‌توان با استفاده از موادی چون گچ مجسمه‌سازی (پلاستر) یا چسب لاتکس از آثار فسیلی قالب تهیه کرد (برای اطلاعات بیشتر از نحوه قالب‌گیری به Lockley (1991), Thulborn (1990) مراجعه شود). نمونه‌های یافت شده در شمال ایوانکی صرفاً در صحرا و بدون نمونه‌برداری مطالعه شده‌اند. اطلاعات ابعاد (geometry) برداشت

کاروانسراسنگ شامل ماسه‌سنگهای قهوه‌ای تیره با میان لایه‌های مارن و ژیسپ در بالا. عنوان سازند سرخ بالایی نخستین بار توسط Gansser (1955) و به دلیل موقعیت این سازند بر روی سازند قم پیشنهاد شد و در چهارمین کنگره جهانی نفت پذیرفته شد. پس از این تاریخ، در نوشته‌ها از این مجموعه آواری با عنوان سازند سرخ بالایی نام برده شده است، اگر چه تا کنون برش الگویی برای آن معرفی نشده است. در مطالعات کارشناسان شرکت ملی نفت ایران، این مجموعه در برشهای زیرسطحی به دو بخش بالایی و زیرین تقسیم شده است. بخش بالایی شامل ماسه‌سنگ و مارنهای ژیسپ دار به رنگ قهوه‌ای تا سرخ و بخش زیرین شامل انیدریت، هالیت، شیل‌های بیتومینه و رس سنگ است. در بررسیهای سطحی، زمین‌شناسان شرکت ملی نفت این سازند به سه بخش M1، M2 و M3 تقسیم کرده‌اند به طوری که M1 به بخش زیرین که شامل ماسه‌سنگهای ژیسپ دار همراه با شیل و گل سنگ و به ستبرای ۵۰۰-۲۰۰ متر است؛ M2 به بخش میانی مرکب از ماسه‌سنگهای با فرسایش تافونی با ستبرای ۳۰۰-۱۰۰۰ متر و بالاخره M3 به بخش بالایی سازند، شامل گل‌سنگهای ژیسپ دار همراه با میان لایه‌های ماسه‌سنگی با ستبرای ۵۰۰-۲۰۰ متر اطلاق شده است (Gansser, 1958; Habicht, 1962). توالی سازند سرخ بالایی در شمال ایوانکی بیش از ۴۰۰۰ متر ستبرای دارد. برش چینه‌شناسی مورد مطالعه (حدود ۸۰ متر)، به طور عمده از تناوب ماسه سنگ و گل سنگ تشکیل شده است. شکل ۲ توالی این سازند را در محدوده قلعه دختر، جایی که ردپاها مشاهده شدند، نشان می‌دهد.

۴- محیط رسوبگذاری

مشخصات دقیق سنگ‌شناسی، توصیف رخساره‌های سنگی سازنده، تحلیل محیط رسوبگذاری و منشأ آواریهای این سازند در حاشیه شمالی (ایوانکی و گرمسار) و جنوبی (قم تا حسن‌آباد) بخش مرکزی حوضه رسوبی در قالب یک پایان‌نامه دکتری مورد بررسی دقیق قرار گرفته است (Amini, 1997). بر اساس این مطالعه سازند سرخ بالایی از ۴ رخساره کنگلومرایی، ۱۷ رخساره ماسه سنگی، ۵ رخساره آرژیلی، به عنوان اجزای سازنده اصلی و رخساره‌های مارنی، تبخیری، آهکی و آذرآواری به عنوان اجزای فرعی تشکیل شده است. تاریخچه دیاژنز، فرایندهای اصلی دیاژنتیکی و عوارض اصلی دیاژنز نیز با جزئیات کامل بررسی شده است. مطالعه دقیق مشخصات سنگ‌شناسی، فرم هندسی، ضمام فسیلی، طرح جهت جریانهای دیرینه، ساختهای رسوبی، ماهیت سطوح لایه‌بندی و همبستگی رخساره‌ای در دو حاشیه شمالی و جنوبی حوضه منجر به تشخیص ۱۸ رخساره سنگی شده است. با تکیه بر پارامترهای مذکور و استفاده



بودن رسوبات، میزان رطوبت و آب بین ذره‌ای، ستبرای و وضعیت توالی لایه‌های رسوبی اشاره کرد. دسته سوم مربوط به عوامل محیطی در هنگام رخنمون یافتن لایه رسوبی در سطح است. یعنی اینکه عوامل هوازدگی و فرسایش همان گونه که سطوح سنگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند می‌توانند آثار ردپاهای موجود در سطوح را نیز به تدریج از بین ببرند. به عبارت بهتر، چه بسا ممکن است ردپاها به بهترین نحو ایجاد و فسیل شده باشند، ولی به علت هوازدگی و فرسایش از سطوح لایه‌بندی زدوده شده و از بین بروند. لذا این امر مهم و قابل توجه است که کیفیت حفظ شدگی ردپاها، پدیده نسبی است و می‌توان نتیجه گرفت که اطلاعات دقیق و گویای اثرشناسی، هنگامی به دست می‌آیند که اثر ردپاها به بهترین نحو توسط جانور ایجاد شده، در شرایط مناسب و ایده‌آل محیط رسوبی به خوبی حفظ شده و در نهایت، پس از رخنمون یافتن کمتر تحت تأثیر عوامل هوازدگی قرار گرفته باشند.

لایه‌های ماسه‌سنگی سازند سرخ بالایی در شمال ایوانکی به شدت تحت تأثیر عوامل هوازدگی بوده و به طور قابل توجهی فرسایش یافته‌اند. حاصل این فرسایش، ایجاد پدیده‌های زمین‌ریخت‌شناختی زیبای بادکند است (شکل ۳). همین امر باعث شده است که بیشتر ردپاهای یافت شده در این برش چینه‌شناسی صرفاً به شکل حفره‌هایی در سطح رسوبات باقی بمانند و فقط ردپاهایی که در موقعیتهایی قرار داشته‌اند که کمتر در معرض هوازدگی بوده‌اند، به طور نسبی بهتر حفظ شده‌اند.

۷- شرح ردپاها

همان گونه که اشاره شد، کیفیت حفظ شدگی اثرفسیلها از جمله ردپاها، امری نسبی است. در اینجا با توجه به کیفیت حفظ شدگی، می‌توان ردپاهای یافت شده را در دو گروه یعنی ردپاهای با حفظ شدگی ضعیف و ردپاهای با حفظ شدگی خوب رده‌بندی کرد. لازم به یادآوری است که همه ردپاهای یافت شده به صورت فرورفته در سطح بالایی لایه‌بندی باقی مانده‌اند.

۷-۱- ردپاهای با حفظ شدگی ضعیف

این ردپاها شامل چندین مسیر حرکت هستند که به علت هوازدگی شدید، تنها به صورت حفره‌های فرورفته حفظ شده‌اند. برای تشخیص بهتر و دقیق موقعیت این ردپاها در میان انبوه حفره‌های کوچک و بزرگ فرسایشی موجود، پیشنهاد می‌شود که در ساعت‌های اولیه صبح یا هنگام عصر، زمانی که نورخورشید مایل می‌تابد، جایگاه این ردپاها بررسی شود، به طوری که در این ساعتها از فاصله دور و در یک منظره، به راحتی موقعیت ردپاها قابل شناسایی است. این ردپاها از نظر چینه‌شناختی، تقریباً در یک افق قرار

شده شامل طول اثر ردپا یا رد دست (foot length, FL)، عرض اثر ردپا (footwide, FW)، شماره‌گذاری انگشتان (digital code) و طول و عرض آنها (digital wide and length, DW)، زاویه بین انگشتان (α)، وضعیت نوک انگشتان (گرد، نوک تیز، دارای اثر چنگال)، چرخش یا تمایل اثر ردپا 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 ردپای متوالی سمت راست یا چپ است، طول قدم (pace length, PL) که فاصله بین دو ردپای چپ و راست می‌باشد و بالاخره زاویه گام (β) بوده است. این اطلاعات براساس روشهای پیشنهادی Thulborn (1990) و Lockley (1991) برداشت شدند. تشخیص نوع حفظ شدگی نسبت به سطوح چینه‌بندی یعنی اینکه ردپاها به صورت فرورفته در سطح بالایی لایه بندی (concave epirelief) یا به صورت قالب برجسته در سطح زیرین لایه‌بندی (convex hyporelief) حفظ شده‌اند نیز مورد توجه بوده است. تمام نمونه‌های یافت شده در برش مورد مطالعه به شکل فرورفته در سطح بالایی لایه‌بندی حفظ شده‌اند. همچنین ژرفای اثر ردپاها (depth of footprints, D) نیز اندازه‌گیری شدند که نشان‌دهنده میزان فرورفتن جانور در رسوب است و به نوعی حاکی از وزن جانور یا میزان رطوبت و شکل‌پذیری رسوبات در هنگام ایجاد اثر ردپاها است. برای دستیابی این ویژگی، فاصله گودترین و ژرف‌ترین نقطه اثر ردپا تا سطح لایه‌بندی اندازه‌گیری شد. در اغلب نمونه‌ها گودترین نقطه در بخش میانی ردپاها قرار دارد.

۶- حفظ شدگی ردپاها

وضعیت، کیفیت و نوع حفظ شدگی اثر ردپاها بر روی سطح رسوبات، توسط عوامل بسیاری کنترل می‌شود که بخشی از این عوامل در هنگام ایجاد اثر ردپا و بخش دیگر پس از آن دخالت دارند. به طور کلی این عوامل را می‌توان در سه دسته بررسی کرد:

دسته اول عوامل زیستی هستند که به ویژگیهای زیستی جانور اثرساز (trace maker) بستگی دارند. ریخت‌شناسی کف پا، نوع حرکت جانور، از جمله حرکت آهسته و قدم زدن، یورتمه رفتن یا دویدن، تعداد انگشتان دست و پا و ترتیب آرایش آنها در پنجه، کفرو (plantigrade) یا پنجه‌رو (digitigrade) بودن و وزن جانور از مهم‌ترین عوامل زیستی است. دسته دوم عوامل محیط رسوبی است که در هنگام ایجاد ردپاها دخالت دارند. از این نوع عوامل می‌توان به جنس رسوبات، دانه‌بندی و شکل‌پذیری

۷-۲- ردپاهای با حفظ شدگی بهتر

در بین ردپاهای یافت شده در برش چینه‌شناسی مورد مطالعه در مقایسه با گروه قبلی دو نوع ردپا با کیفیت بهتر باقی مانده‌اند که به طور سیستماتیک در زیر شرح داده می‌شوند.

Class Mammalipedia Vialov, 1966

Order Carnivoripedia Vialov, 1966

Suborder Caniformia Sarjeant and Langston, 1994

Family Canidae Sarjeant and Langston, 1994

Ichnogenus Chelipus Sarjeant and Langston, 1994

Ichnospecies Chelipus isp.

شکل ۷

گونه شاخص: *Chelipus gracilis* (Vialov, 1965) ترکیب جدید ارائه شده توسط (Sarjeant and Langston, 1994) *Bestiopedia gracilis* Vialov = 1965 است.

مشخصه: ردپاهای کف‌رو تا نیمه کف‌رو (semiplantigrade) که دارای چهار انگشت (انگشتان II تا V) هستند. هر انگشت، یک بند انگشتی (pad) گرد تا بیضوی یا کشیده (elongate) با اثر چنگال برآمده (به طور ثابت دراز) است. [اثر] انگشتان به طور نیم‌دایره، در جلو یا حدوداً در بخش جلویی کف (sole) یا پاشنه (heel) پا قرار دارند. بند انگشتان یک اندازه هستند. مسیر حرکت باریک، و گام (stride) بلند است (Sarjeant and Langston, 1994).

نمونه: یک نمونه یافت شد که به علت بزرگ بودن ابعاد تخته‌سنگ دارای این ردپا، امکان نمونه‌برداری فراهم نگردید و اطلاعات اندازه‌های آن در صحرا برداشت شد.

توصیف: این نمونه مربوط به اثر ردپای افراد گربه‌سانان کف‌رو است که در آن، اثر کف پا به شکل بیضوی تا مثلثی شکل بوده و به فاصله حدود یک سانتی‌متر آثار چهار انگشت گرد تا بیضوی وجود دارند و از نظر چینه‌شناسی در همان افق ردپاهای بد حفظ شده ظاهر می‌شود. انگشتان فقط از یک بند تشکیل شده‌اند و اثر چنگال در قسمت جلوی آنها وجود ندارد. انگشتان کناری از انگشتان میانی اندکی بزرگ‌ترند و تقریباً تقارنی در بین انگشتان مشاهده می‌شود. بیشترین گودی کف پا در قسمت میانی است، ولی در بیشتر انگشتان، در قسمت جلویی فرورفتگی بیشتری مشاهده می‌شود. از آنجا که این ردپا منفرد بوده و رد دیگری به همراه آن مشاهده نمی‌شود، لذا تشخیص اینکه مربوط به اثر پای راست است یا چپ [یا دست راست یا چپ] ممکن

دارند و در حدود ۱ کیلومتری جنوب قلعه باستانی ذکر شده (شکل ۱) واقع شده‌اند. در این ردپاها، به علت فرسایش و هوازدگی، جزئیاتی مانند آثار انگشتان مشاهده نمی‌شود، لذا تعیین جهت حرکت و تشخیص رد دست و پا از همدیگر میسر نیست. بدین سبب اطلاعات اندازه آنها به اندازه‌گیری طول، عرض، ژرفا و در مواردی طول گام و قدم محدود شد که در جدول ۲ این اطلاعات نشان داده شده‌اند.

مسیر اول: این مسیر حرکت تقریباً آرایش سه تایی از ردها را نشان می‌دهد که در آن ۱۱ رد شمارش شد (شکل ۴، مسیر یک). به علت نامنظم بودن آرایش ردپاها تشخیص اینکه کدام آثار مربوط به رد دست و کدام مربوط به ردپاست ممکن نیست.

مسیر دوم: در این مسیر شش ردپا در یک خط سیر مستقیم آرایش یافته‌اند. این ردها شبیه ردپای مهره‌داران دوپایی (bipodal) است ولی به علت شدت هوازدگی و خوب حفظ نشدن، ممکن است شامل اثر رد پا و دست بوده، به گونه‌ای که رد دست و پا بر روی یگدیگر یا نزدیک به هم گذاشته شده و در نهایت در اثر هوازدگی فقط یک رد آن هم به شکل یک حفره باقی مانده است. جزئیاتی مانند اثر انگشتان در آنها مشاهده نمی‌شود، لذا در اینجا نیز جهت و سمت حرکت قابل تشخیص نیست (شکل ۴، مسیر دو).

مسیر سوم: در اینجا مشابه مسیر دوم ردپاها در یک مسیر مستقیم آرایش داشته و جلوه‌ای شبیه ردپای جانور دوپایی را نشان می‌دهند. شامل چهار اثر ردپا بوده و شکل آنها از بیضوی تا گرد تغییر می‌کند (شکل ۵، مسیر سه).

مسیر چهارم: این مسیر ردپا شامل شش اثر است که به شکل گودی‌هایی در یک خط سیر هستند. در بین ردهای دوم و سوم یک اثر گودی شکل به طور نامنظم وجود دارد که شاید در اثر فرسایش ایجاد شده باشد، چرا که از نظر موقعیت و ابعاد با سایر ردها همخوانی ندارد (شکل ۵، مسیر چهارم).

مسیر پنجم: بر خلاف مسیرهای قبلی، در این ردپاها محل ردهای راست و چپ از همدیگر به خوبی قابل تشخیص است (شکل ۶). با این وجود در اینجا نیز همچنان امکان تفکیک رد دست از رد پا ممکن نیست. در ابتدای این مسیر آثار ردپاهای دیگری که تقریباً دارای مسیر عمود بر مسیر پنجم هستند وجود دارند ولی به علت تداخل ردپا و وجود بی‌نظمی‌هایی تمایز دقیق هر دو مسیر از همدیگر امکان ندارد. بر این اساس شمارش و اندازه‌گیری ردهای مسیر پنجم بالاتر از محل تداخل ردپاها انجام گرفت که شامل ۱۰ اثر ردپاست. اندازه‌گیری بر روی سایر ردها انجام نشد چرا که با وجود بی‌نظمی در محل تداخل، امکان تشخیص طول و عرض ردها فراهم نبود و چنین به نظر می‌رسد که از نظر ابعاد چندان با سایر آثار ردپا موجود در این تخته سنگ تفاوتی نداشته باشند.

ردها گرد بوده و انگشتان چسبیده به کف پا هستند. تا حدودی ردها دارای چرخش به سمت داخل مسیر حرکت، یعنی دارای چرخش مثبت هستند. اثر انگشتان به صورت کاملاً گرد و بدون اثر چنگال دیده می‌شوند. در مواردی مانند اثر دست یک در سمت راست مسیر حرکت (m1r در شکل ۹) یا اثر پای دو در سمت چپ مسیر حرکت (p2l در شکل ۹) بین انگشتان فاصله‌ای مشاهده می‌شود ولی در بیشتر موارد، اثر انگشتان به همدیگر چسبیده‌اند. اثر ردپای پنج انگشتی دیگری که به صورت منفرد است در سمت راست ردپا و دست دوم با اندازه‌های کوچک‌تر وجود دارد. این ردپا از نظر شکل، مشابه ردپای مورد بحث و مربوط به پستاندار دیگری است.

ابعاد: به طور میانگین ابعاد اندازه‌گیری شده پنج اثر مورد مطالعه به شرح زیر است: طول رد پا ۲۱/۹ سانتی‌متر، عرض رد پا ۱۹ سانتی‌متر، ژرفای رد پا در گودترین قسمت ۸ سانتی‌متر، طول رد دست ۱۶/۹ سانتی‌متر، عرض رد دست ۱۷/۶ سانتی‌متر، ژرفای رد دست در گودترین قسمت ۶ سانتی‌متر، طول انگشتان I تا V در رد پا به ترتیب ۴/۵، ۵/۵، ۶/۵، ۵/۲ و ۴/۷ سانتی‌متر، عرض انگشتان I تا V در ردپا به ترتیب ۴/۷، ۵/۵، ۵/۲ و ۴ سانتی‌متر، طول انگشتان II تا IV در رد دست به ترتیب ۴/۸، ۶/۴ و ۴/۹ سانتی‌متر، عرض انگشتان II تا IV در رد دست به ترتیب ۴/۷، ۶/۹ و ۵/۵ سانتی‌متر؛ طول قدم در ردپاها (PLp) در شکل ۹) ۷۰/۵ سانتی‌متر، طول گام در ردپاها ۱۲۸/۳ سانتی‌متر (SLp)، طول قدم در رد دستها ۶۲/۷ (PLm)، طول گام در رد دستها ۱۲۲ سانتی‌متر (SLm) و زاویه گام ۱۵۰°.

بحث: این پنج اثر ردپا از نظر حفظ شدگی وضعیت نسبی بهتری دارند که می‌توان در آنها موقعیت رد دستها و پاها و همچنین جهت و سوی حرکت را تشخیص داد، با این حال جزئیات کاملی را نشان نمی‌دهند. با توجه به رخنمون لایه حاوی این آثار به نظر می‌رسد ردپاهای بسیار زیادی بر روی آن ایجاد شده باشد اما تنها معدودی قابل شناسایی‌اند. همان‌طور که در توصیف و شرح این ردپاها ذکر شد تعداد انگشتان دست سه عدد و تعداد اثر انگشتان در پا پنج عدد است. انگشتان به محل کف پا یا دست چسبیده بوده و پستاندار اثر ساز یک حرکت کف‌رو (plantigrade) را نشان می‌دهد. این نمونه‌ها از نظر ریخت ظاهری مشابه اثر جنس‌هایی (Ichnogenus) مانند *Apoxyopus* در نمونه‌های گزارش شده ائوسن پسین تگزاس هستند (Sarjeant and Longston, 1994) ولی غالباً از نظر تعداد انگشتان موجود در دست یا پا با آنها متفاوت هستند. بنابراین، در مقایسه با نمونه‌های موجود در منابع در دسترس، این ردپاها وضعیت متفاوتی از نظر تعداد انگشتان در اثر دست یا پا نشان می‌دهند و در شناسایی آنها، تنها تا حد ایکونوتاکسون رسته بسنده شد. اندازه، شکل ردپا و کف رو بودن جانور اثر گذار در این

نیست، بنابراین شماره‌گذاری انگشتان بر اساس شکل ۷ به طور قراردادی انجام گرفته است.

ابعاد: طول ردپا ۱۱ سانتی‌متر، عرض ردپا ۱۱/۵ سانتی‌متر، ژرفای ردپا ۰/۵ سانتی‌متر، طول کف پا ۶ سانتی‌متر، عرض کف پا ۱۰ سانتی‌متر، طول انگشتان II تا V به ترتیب ۴، ۳/۵، ۳ و ۳ سانتی‌متر و عرض انگشتان II تا V به ترتیب ۲/۵، ۲، ۲/۸ و ۳/۵ سانتی‌متر، زاویه بین انگشتان II و III برابر ۱۴°، زاویه بین III و IV برابر ۴۲° و زاویه بین IV و V برابر ۳۴° است.

بحث: رسته گوش‌خواران گروه مهمی از پستانداران را تشکیل می‌دهند که به دو زیر رسته گربه‌سانان (Feliformia) و سگ‌سانان (Caniformia) تقسیم می‌شوند. نبود آثار چنگال در هنگام حرکت معمولی، نداشتن فرورفتگی در قسمت عقبی اثر کف پا (بجز یوزپلنگ) و وجود این فرورفتگی در بخش جلویی اثر کف پا و بزرگ‌تر بودن اثر نرمه پاشنه پا از تفاوت‌های مهم ردپای گربه‌سانان از سگ‌سانان است (خالق زاده بیگ، ۱۳۸۱). نمونه مورد مطالعه تحت تأثیر هوازدگی تا حدودی جزئیات خود را از دست داده است. با این حال، با توجه به ویژگی‌های موجود به نظر می‌رسد که متعلق به گربه‌سانان باشد. این نمونه از نظر شکل، اندازه و آرایش انگشتان مشابه اثر جنس *Canipeda* Panin and Avram, 1962 در نوشته (Sarjeant et al. 2002, text-fig. 20) است با این تمایز که در آن اثر چنگال مشاهده نمی‌شود.

Class Mammalipedia Vialov, 1966

Order Carnivoripedia Vialov, 1966

شکل‌های ۹ و ۱۰

نمونه: این نمونه در واقع آثار ردپای پستانداری است که در یک مسیر حرکت کرده و حدود ۳۰ اثر ردپا را شامل می‌شود (شکل ۸، مسیر A-A')، با وجود این همه اثر ردپا، فقط پنج اثر اول بهتر حفظ شده‌اند و بقیه در اثر فرسایش عمدتاً از بین رفته و تنها به شکل حفره‌هایی باقی مانده‌اند. در بخش‌های دیگری از همین لایه ردپاهایی با حفظ شدگی بد نیز به چشم می‌خورند (شکل ۸، مسیر B). مطالعه و اندازه‌گیریها فقط بر روی پنج اثر یاد شده انجام پذیرفت که البته در شکل ۹ چهار اثر اول به نمایش درآمده‌اند. این ردپاها از نظر چینه‌شناسی در افق پایین‌تر از ردپاهای قبلی قرار دارند.

توصیف: ردپا شامل اثر دست (menus) و رد پا (pes) هستند که در مواردی بخش عقبی رد دست توسط اثر رد پا پوشیده شده است. حاشیه ردپا به علت فرسایش واضح نیست. رد دستها، سه انگشتی (tridactyl) و ردپاها پنج انگشتی (pentadactyl) هستند و هر دو اثر، حالت کف‌رو را نشان می‌دهند، با این وجود بخش پنجه و انگشتان، بیشترین گودی را دارند. حاشیه عقبی

مسلماً در مورد فسیلهای پیکره‌ای (body fossils) بررسی چنین موضوعاتی راحت نیست، این در حالی است که اثر فسیلها عموماً به طور درجا (in situ) فسیل می‌شوند، بنابراین تفاسیر دیرینه‌بوم‌شناختی بر اساس چنین فسیلهایی با اطمینان بیشتری انجام می‌پذیرد. با توجه به گسترش قابل توجه سازند سرخ بالایی در بخشهای مختلف ایران مرکزی و وجود آثار ردپای مهره‌داران در آن، می‌توان بر اساس نتایجی که تاکنون به دست آمده است، قدمهای نخستین را در بازسازی دیرینه جغرافیای زیستی مهره‌داران میوسن ایران برداشت. بر اساس ردپاهای تشخیص داده شده در برش چینه‌شناسی مورد مطالعه و در مقایسه با برش مشمپا در باختر زنجان چنین به نظر می‌رسد که فراوانی و تنوع مهره‌داران در منطقه شمال ایوانکی اندک بوده است. در منطقه مشمپا تنوع و فراوانی ردپای پرندگان بسیار بالاست، به طوری که در افقی از توالی مطالعه شده سطح لایه رسوبی انباشته از ردپای پرندگان پا اردکی است (عباسی، ۱۳۸۲). در منطقه مذکور اثر ردپای پستانداران کم است ولی مشابه منطقه ایوانکی، این ردپاهای اندک نیز به گوشتخواران تعلق دارند. در هر دو منطقه مشمپا و ایوانکی ردپای گربه‌سانان وجود دارد، بنابراین باید در این نواحی منبع غذایی آنها نیز در آن زمان وجود داشته است. در رخنمونی از سازند سرخ بالایی در منطقه روستای شکورچی در حدود ۱۰ کیلومتری شمال مشمپا آثار ردپای جفت‌سمان کوچک جثه مشاهده شده است (Abbassi, in preparation) که همراه با ردپای گوشتخواران است. لذا به نظر می‌رسد این جفت‌سمان منبع تغذیه مناسبی برای گربه‌سانان این منطقه بوده‌اند.

۹- سپاسگزاری

نگارندگان از داوران محترم این مقاله، بخاطر رهنمودهای ارزشمندشان سپاسگزاری می‌نمایند. از آقایان مهدی شمس و محمد حسین شاکری که در عملیات صحرائی ما را یاری رساندند تشکر می‌کنیم.

ردپاها، شباهت بسیار زیادی با ردپای پستانداران ائوسن کوههای طارم دارد (Abbassi and Lockley, 2004) که به رد خرس‌سانان نسبت داده شده‌اند. با این حال، با توجه به وجود سه انگشت در رد دست سه عدد با رد پاهای ائوسن کوههای طارم متفاوت است.

۸- بحث و نتیجه‌گیری

از مطالعه اثرشناسی ردپاها در برش چینه‌شناسی سازند سرخ بالایی در شمال ایوانکی چنین نتیجه می‌شود که پستاندارانی از نوع گوشتخواران در این منطقه زندگی می‌کرده‌اند که اثر ردپای آنها در رسوبات نرم و شکل‌پذیر پشته‌های کناری و طولی درون کانالها، حاشیه کانالها (overbank) و خاکریزهای طبیعی (levee) بر جای مانده است. گروهی از این گوشتخواران از خانواده گربه‌سانان بوده‌اند، با این وجود، تنوع اثر رد پاها که نشانگر تنوع پستانداران اثر گذار است، در این منطقه مشاهده نمی‌شود. البته بخش قابل توجهی از این موضوع به حذف و فرسوده شدن رد پاها در طی فرایندهای فرسایشی مربوط است.

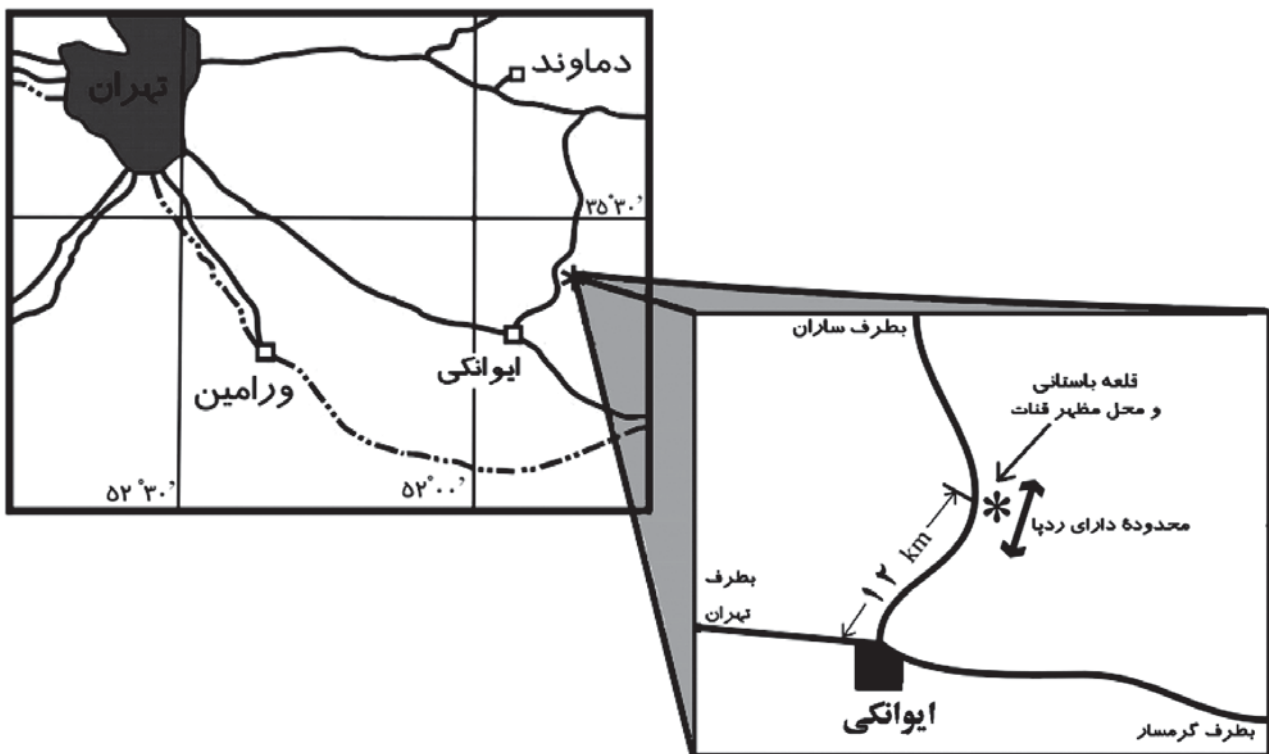
دیرینه اثرشناسی (paleoichnology) ردپاها بر روی رسوبات سازندهای مختلف، گذشته از آنکه یکی از شاخصهای محیط رسوبی به شمار می‌آیند و نشان دهنده قاره‌ای بودن محیط رسوبی چنین لایه‌هایی هستند، از نشانگرهای دیرینه‌بوم‌شناسی نیز به شمار می‌آیند. یکی از مسائلی که در دیرینه‌بوم‌شناسی و دیرینه جغرافیا مطرح است، تمایز و تفاوت قائل شدن بین مکانهای زیست، مرگ و دفن جانداران است که به صورت فسیل باقی مانده‌اند (Brenchley and Harper, 1998). بدین معنی که در مجموعه فسیلی موجود در یک لایه رسوبی، تشخیص اینکه کدام فسیل در همان محیط رسوبی که می‌زیسته، مرده و دفن شده است، و کدام فسیل مربوط به محیط دیگری بوده است مهم است. با تفکیک قائل شدن بین این فسیلها، تفسیر و تحلیل دیرینه‌بوم‌شناسی و دیرینه جغرافیا به درستی انجام می‌پذیرد.

جدول ۱- رخصاره‌های رسوبی سازند سرخ بالایی در برش ایوانکی (Amini, 1997).

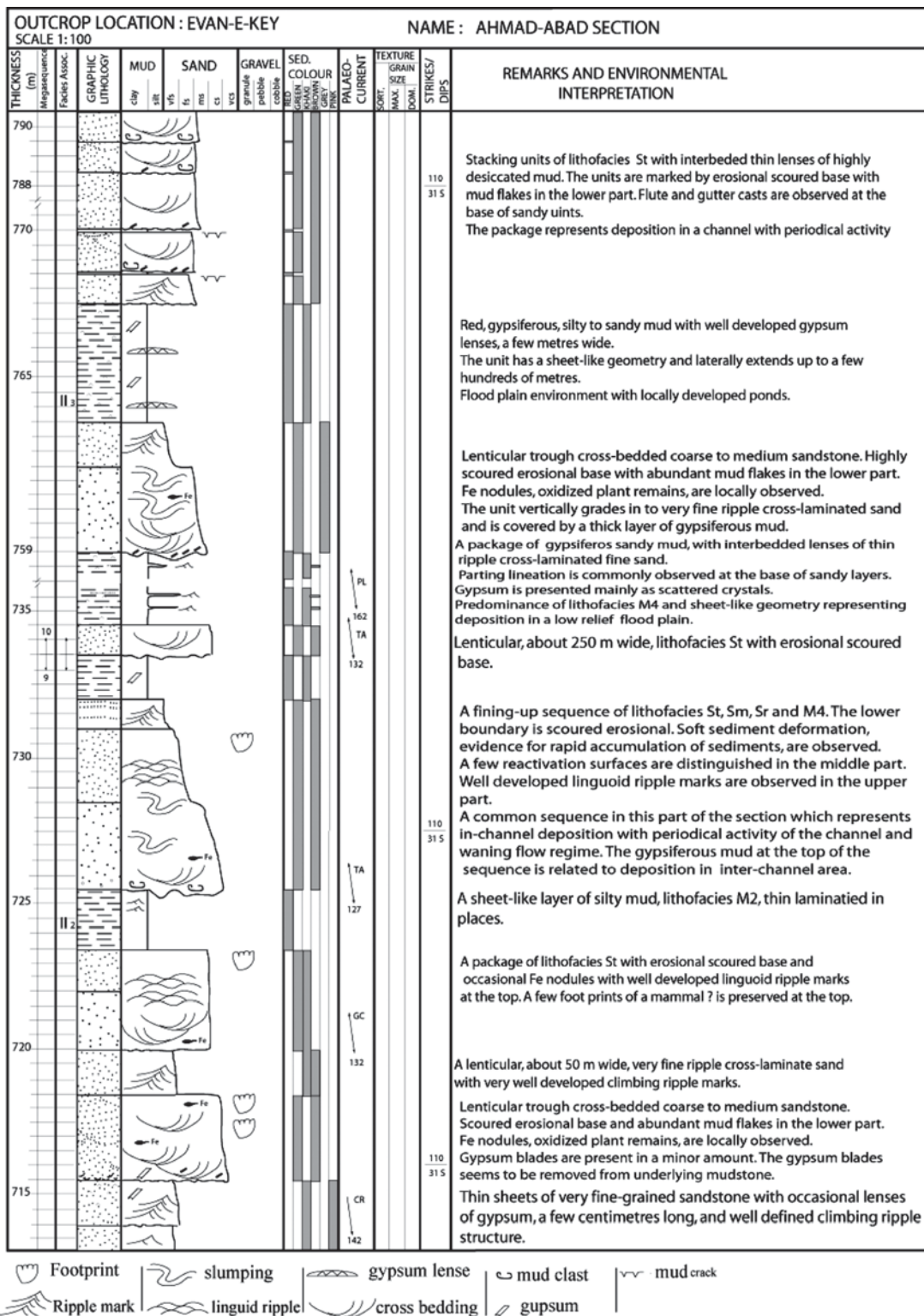
Lithofacies	Description	Depositional environment
G1a	Pebble size, clast supported, polymictic, unstratified, lenticular, orthoconglomerate	Deposited by rapid waning flows in ephemeral fluvial systems in semi-arid region or in distributary channels of proximal fans
G1b	Cobble size, clast supported, oligomictic, discontinuous, orthoconglomerate	Deposition by massive flows in semi-arid fluvial fans in tectonically active margins
G1c	Pebble size, clast supported, crudely stratified, polymictic, lenticular conglomerate	Channel longitudinal bars and lags. Deposition in ephemeral shallow channels with periodical activity
G2	Pebble/cobble size, clast supported, low angle cross stratified orthoconglomerate	Scour filling in gravelly bed-load rivers, Lag deposits of falling flows, deposition in short-lived channels with high rate of sedimentation
G3	cobble size, polymodal, clast supported, massive conglomerate with lenticular geometry	Clast-rich debris flow deposits, rapidly waning streams in ephemeral systems, By mass flows with slight fluctuation in flow stages
Stp	Cross stratified coarse to very coarse pebbly sandstone	In channel as bedform or dune. In mixed-load rivers that were eroding fine-grained mud-dominated flood plains
St	Well to poorly sorted cross stratified fine to very coarse sandstone	In channels as bedform or channel dune during lower flow regime. Unidirectional migration of dunes in the channel
Sp	Planar/tabular cross stratified fine to coarse sandstone	Migration of simple bars, sand waves within channels. Transverse to longitudinal bars
Sm	Massive fine to coarse mud rip-up clast-rich sandstone	Rapid deposition by high concentrated flows. Due to rapid filling of pre-existing channels during major floods
Sh	Horizontal laminated fine to medium sandstone	Deposition by plane bed flows in high flow regime or sheet floods in low gradient flood plain
Sr	Ripple cross laminated fine to medium sandstone	Migration of asymmetrical ripples under lower flow regime. Low-energy bar-top or waning-flood deposits
Sl	Low angle cross stratified sandstone	Crevasse splay deposits, in channels by migration of low relief bed forms, deposition of plane beds on sloping surfaces at lower flow regime
Ss	Scour filling sandstone	Scouring of channels during high flow regime and their subsequent filling in waning stages.
Smo	Sandstone mounds	Deposition by unchannelized flows, sheet floods. Crevasse splay deposits
M1	Laminated to massive mudstone	Overbank deposits, by waning floods in low gradient plains, or vertical accretion in abandoned channels
M2	Fine laminated, very small-rippled mudstone	Overbank deposits, waning floods in low gradient plains, mud plugs of minor/abandoned channels
M3	Dark grey to green mudstone	Back swamp deposits
M4	Gypsiferous mudstone, with thin lenses of sand and gypsum	Supralitoral mud flat zones fringing ephemeral lakes. Waning flows in distal flood plains, sheet flood on distal flood plain

جدول ۲- ابعاد ردپاها با حفظ شدگی ضعیف در برش چینه‌شناسی مورد مطالعه (اندازه‌ها به سانتی متر است).

ژئومتری مسیر	طول رد پا (FL)			عرض رد پا (FW)			عمق رد پا (D)			طول قدم (PL)			طول گام (SL)		
	کمیته	پیشینه	میانگین	کمیته	پیشینه	میانگین	کمیته	پیشینه	میانگین	کمیته	پیشینه	میانگین	کمیته	پیشینه	میانگین
یک	۱۱	۲۱	۱۷	۱۱	۲۰	۱۶	۷	۱۲	۹	--	--	---	---	---	---
دو	۱۶	۲۰	۱۷/۶	۱۵	۲۳	۱۸	۹	۱۰	۹/۱	۵۷	۶۷	۶۵/۲	۱۲۲	۱۲۹	۱۲۶
سه	۱۲	۱۵	۱۴	۱۴/۵	۲۰	۱۷/۱	۴	۵	۴/۵	۵۸	۶۹	۶۲/۳	--	--	--
چهار	۱۹	۲۶	۲۲/۸	۱۵	۲۱	۱۸/۷	۷	۱۱	۸/۷	۵۸	۶۶	۶۲/۴	۱۱۹	۱۲۸	۱۲۲
پنج	۲۰	۲۸	۲۶/۱	۲۰	۲۶	۲۲/۶	۲	۹	۶/۹	۴۳	۷۷	۵۲/۵	۶۵	۵۸	۶۱/۵



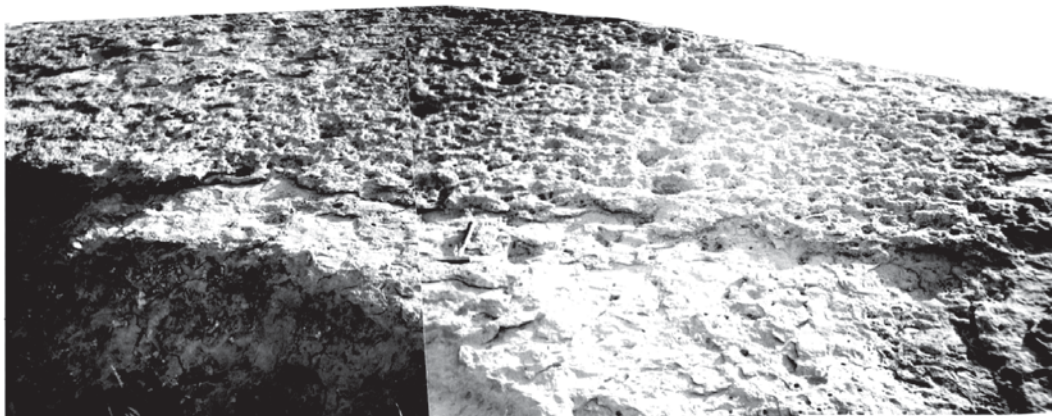
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی برش چینه‌شناسی مورد مطالعه در شمال ایوانکی. مقیاس تصویر سمت چپ ۱:۱۰۰۰۰۰۰ است.



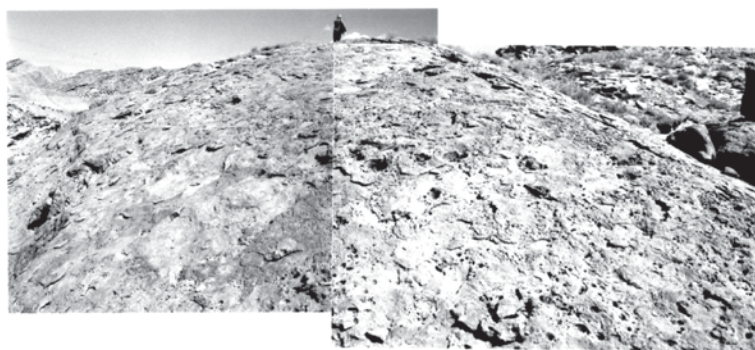
شکل ۲- ستون چینه‌شناسی و اطلاعات رسوب‌شناسی سازند سرخ بالایی در محدوده قلعه دختر در شمال ایوانکی (نقل از Amini, 1997) و موقعیت ردپاها در این ستون (مطالعات حاضر).



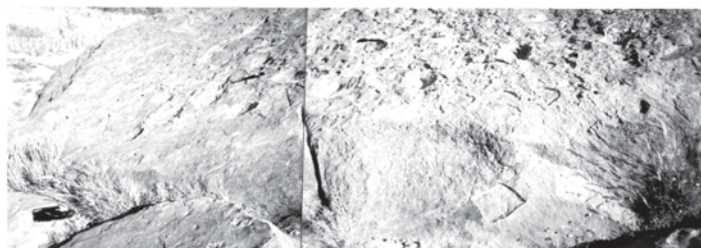
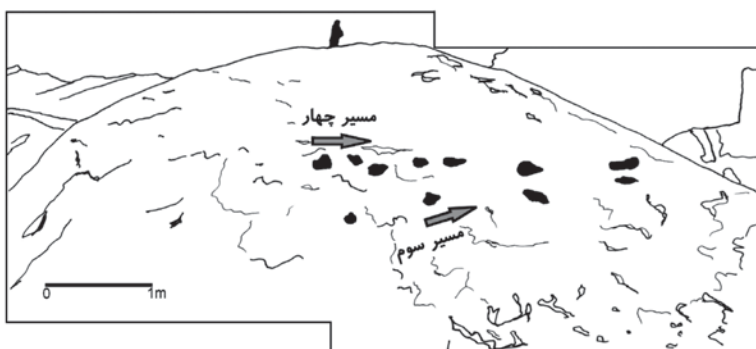
شکل ۳- ریخت‌شناسی بادکند در لایه‌های تخریبی سازند سرخ بالایی، دایره نشانگر محل مقیاس (چکش زمین‌شناسی) است.



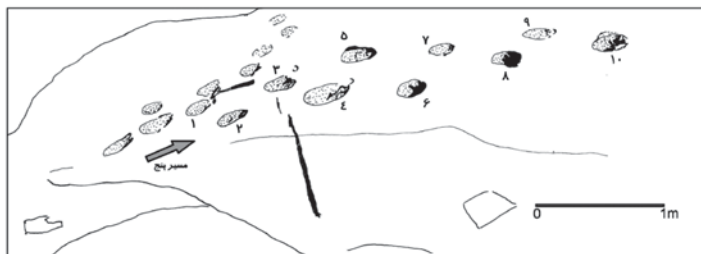
شکل ۴- عکس و تصویر ترسیمی از اثر ردپاهای مسیرو اول و دوم که به صورت حفره‌هایی باقی مانده‌اند. مسیرهای سوم و چهارم در بالادست نمایان هستند. سمت دید شمال-شمال باختری است.



شکل ۵- عکس و شکل
ترسیمی از اثر ردپاها در
مسیرهای سوم و چهارم.

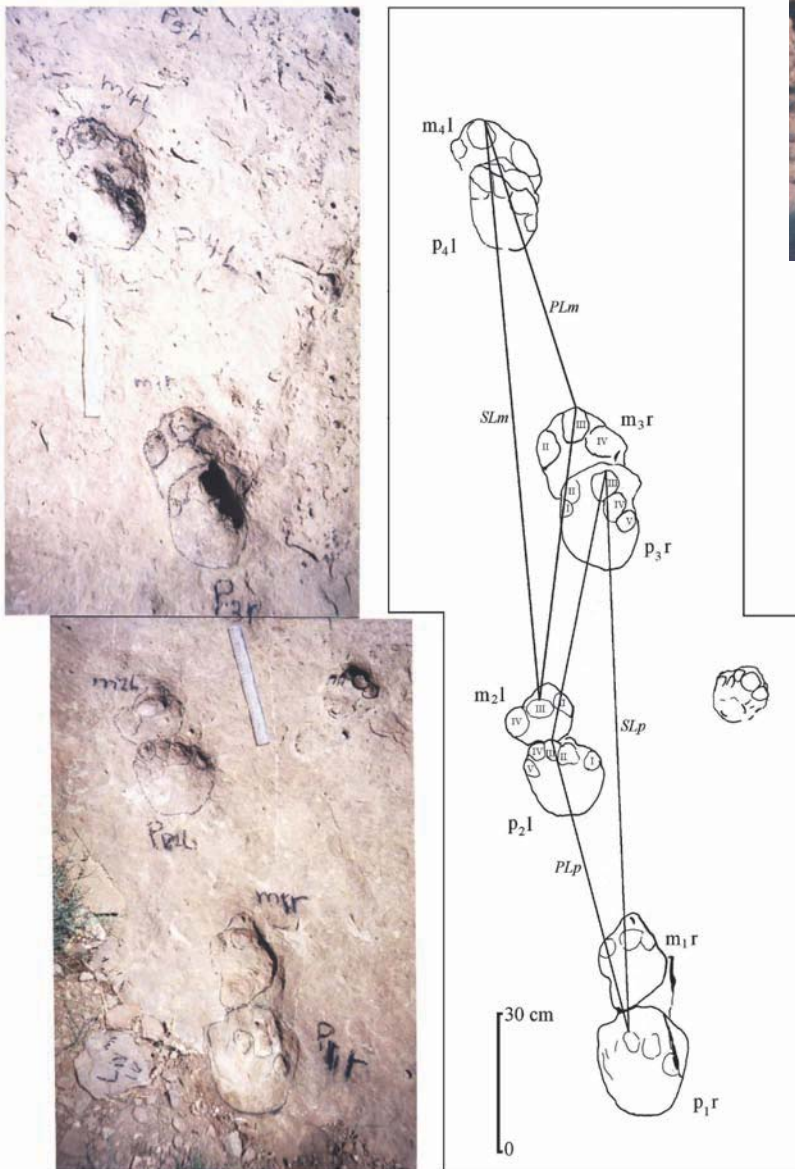


شکل ۶- ردپاهای مسیر پنجم
با شماره گذاری به همراه شکل
ترسیمی از آنها.



شکل ۷- اثر ردپای گربه
سانان. *Chelipus isp.*
همراه با شکل ترسیمی و
شماره گذاری انگشتان.

شکل ۸- ردپاها مسیر حرکت A-A' در ردپای راسته Carnivoripedia، بخش قابل توجهی از ردپاهای این مسیر در اثر فرسایش از بین رفته‌اند. در بخش بالادست همین لایه آثار ردپای دیگری که به صورت حفره‌هایی باقی مانده‌اند، مشاهده می‌شوند (مسیر B).



شکل ۹- دید نزدیک از چهار ردپای نخست مسیر A-A' در شکل ۸، همراه با تصویر ترسیمی از آنها. در سمت راست ردهای دوم اثر یک ردپا نیز مشاهده می‌شود. طول مقیاس شکل سمت چپ ۳۰ سانتی‌متر است. برای توضیح علامتهای شکل ترسیمی به متن مراجعه کنید (r راست، l چپ، m دست، p پا).

کتابنگاری

- خالق زاده بیگ، ص.، ۱۳۸۱- نمایه‌ها 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 زمین‌شناسی کشور، ۳۱۱ صفحه.
- عباسی، ن.، ۱۳۸۲- ایکنولوژی ردپای پرنده در رسوبات سازند سرخ بالایی (میوسن)، برش چینه‌شناسی مشمپا، غرب زنجان. طرح پژوهشی معاونت پژوهشی دانشگاه زنجان، شماره ۱/۸۱۴۲۰، ۸۰ صفحه.
- عباسی، ن. و شاکری، ص.، ۱۳۸۴- آثار ردپای مهره‌داران میوسن در سازند سرخ بالایی، برش چینه‌شناسی مشمپا، استان زنجان مجله علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۵۵، ص. ۷۶-۸۹.

References

- Gansser, A., 1955- New aspects of the geology in central Iran. Fourth World Petroleum Congress, section I/A/5. Reprint 2: 280-300.
- Gansser, A., 1958- The general geology of Iran. NIOC, Geol. Report, No 194.
- Habicht, K., 1962- Revised correlation Elborz and Saradje wells. NIOC, Geol. Note, No 98.
- Lockley, M. G., 1991- Tracking Dinosaurs, A New Look at an Ancient World. Cambridge University Press, 238 p.
- Loftus, W., 1855- On geology of portions of the Turco-Persian frontier and of the districts adjoining. Q. J. Soc. Lond. 11(1): 247-245.
- Miall, A.D., 2000- Principles of Sedimentary Basin Analysis. 3rd Edition, Springer Verlag, 616 p.
- Panin, N. & Avram, E., 1962- Noe urme de vertebrate in Miocenul Subcarpatilor Ruminesti. studii Cercetări de Geologie, 7: 455-458.
- Reading, H.G., 1996- Sedimentary Environments, Processes, Facies, and Stratigraphy. 3rd ed., Blackwell Science, Oxford, 688 p.
- 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: 86 p.
- 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, PP 37-50.
- Soder, P., 1951- The Oligo-Miocene marine formation in the Qum region. NIOC, Geol. Report, No. 123.
- Stahl, A. F., von, 1911- Persian, Hndbch. Reg. Geol. 5(6): 1-46.
- Thulborn, T., 1990- Dinosaur Tracks. Chapman & Hall Publications, 410 p.
- Vialov, O. S., 1965- Stratigrafiya neogenovix molass Predcarpatskogo probiga. Naukova Dumka (Kiev), part K, 191p.
- Vialov, O. S., 1966- Sledy Zhiznedeyatelnosti Organizmow i Ikh Paleontologicheskoe Znachenie. Academy of Sciences, Ukrain, Kiev, 219 p.
- Walker, R.G., 1992- Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. in: Walker, R. G. & James N. P., (eds.) Facies Models, Geological Association of Canada. PP 1-15.
- Abbassi, N., (in preparation) Vertebrate footprints from the Miocene Upper Red Formation, Shokurchi area, Zanjan province, NW Iran.
- Amini, A., 1997- Provenance and Depositional Environment of the Upper Red Formation, Central Zone Iran. Ph.D. thesis, Manchester University, 320 p.
- Brenchley, P. J. & Harper, D. A. T., 1998- Palaeoecology, Ecosystems Environments and Evolution. Chapman and Hall Publications. 402 pp
- Dozy, J. J., 1955- A sketch of post-Cretaceous volcanism in central Iran. Leid. Geol. Med., 20: 48-57.
- Abbassi, N. & Lockley, M. G., 2004- Eocene bird and mammal tracks from the Karaj Formation, Tarom Mountains, northwestern Iran. Ichnos, 11: 349-356.