

اثر فسیل کروزیانا و روزوفیکوس: مطالعه موردی از توالی‌های اردوویسین، بلوک کلمرد، ایران مرکزی

نارام بایت گل^۱، رضا موسوی حرمی^۲ و اسداله محبوبی^۲

^۱ دانشجوی دکتری، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
^۲ استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۰۵

چکیده

لایه‌های آواری سازند شیرگشت در برش راهدار بلوک کلمرد ایران مرکزی مجموعه اثر فسیل متنوعی دارند. در افق‌های معینی از این توالی، طبقاتی وجود دارد که دو اثر جنس کروزیانا و روزوفیکوس از فراوان‌ترین اثر فسیل‌ها است. در مطالعه حاضر، اثر جنس‌های حاصل از بندپایان شامل کروزیانا و روزوفیکوس از توالی‌های اردوویسین سازند شیرگشت مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. کروزیاناها در سازند شیرگشت افزون بر تغییرات گسترده در ریخت‌شناسی و اندازه، تغییرات زیادی را در نوع رفتاری تغذیه‌ای نشان می‌دهند. کروزیاناها به صورت حفارهای شیری مستقیم تا به نسبت انحادار با عرض چند سانتی‌متر هستند که در جهت طولی به دو لب تقسیم می‌شوند هر کدام از این لب‌ها اثر خراش‌های عرضی گیسو ماندی دارند که در اثر گونه‌های مختلف کروزیانا، آرایش و نیم‌رخ خراش‌ها با هم متفاوت است. ویژگی‌های اثر گونه‌های شناسایی شده نشان می‌دهد که به استثنای *C. semiplicata*، اثر گونه‌های کروزیانا در این توالی متعلق به گروه کروزیانا روگوزا است. اثر گونه‌های این گروه شامل *C. rugosa*، *C. furcifera*، *C. goldfussi*، *C. yini* و *C. rouaulti* است. این نتایج نشان می‌دهد که مجموعه اثر فسیل‌های حاصل از بندپایان در سازند شیرگشت برای مطالعات اثر چینه‌نگاری (ایکونواستراتیگرافی) کروزیانا مناسب هستند، به طوری که مجموعه اثر گونه‌های شناسایی شده می‌تواند نشان‌دهنده سن اردوویسین زیرین تا میانی برای نهشته‌های سازند شیرگشت باشند. همچنین، اثرهای حاصل از بندپایان در نهشته‌های مطالعه شده همراه با دیگر ساخت‌های زیستی نشان می‌دهد که این اثرها در ماسه‌سنگ‌های دانه‌ریز تا متوسط‌دانه با میان‌لایه‌های شیل - گل‌سنگ وجود دارند. ترکیب بستر، و شواهد اثر شناختی (ایکونولوژیکی) نشان می‌دهد که اثرهای حاصل از فعالیت بندپایان در سازند شیرگشت متعلق به اثر رخساره (ایکونوفاسیس) کروزیانا است.

کلیدواژه‌ها: کروزیانا، روزوفیکوس، سازند شیرگشت، اردوویسین، اثر چینه‌نگاری (ایکونواستراتیگرافی).

*نویسنده مسئول: نارام بایت گل

E-mail: aram1361@gmail.com

۱- مقدمه

واحدهای آواری اردوویسین در بلوک کلمرد که در آنها فسیل پیکره‌ای یافت نشده است، گامی مهم به شمار آید.

۲- موقعیت زمین‌شناسی

در پهنه کلمرد، توالی‌های رسوبی اردوویسین تا تریاس میانی، افزون بر داشتن نودهای رسوب‌گذاری پی‌درپی، یک واحد زمین‌ساختی - چینه‌نگاشتی محدود میان رخداد کاتانگایی - سیمیرین پیشین به شمار می‌آیند که در محیط‌های سکویی کم ژرفا نهشته شده است (آقباتی، ۱۳۸۳). سامانه رسوبی مخلوط کربناتی-آواری سازند شیرگشت در زمان اردوویسین، در چرخه‌های کوهزایی کالدونین نهشته شده است (آقباتی، ۱۳۸۳). سازند شیرگشت به سن اردوویسین در برش کوه راهدار (۲۳' ۲۳" ۳۷' ۳۳" N و ۲۱' ۵۳" ۵۶° E) با سبزی حدود ۱۶۰ متر در ۶۰ کیلومتری طبس و ۳۰۰ کیلومتری شمال‌خاوری یزد رخنمون دارد (شکل ۱). این سازند در ناحیه کلمرد (باختر طبس) به طور عمده از واحدهای شیل، ماسه‌سنگ و ماسه‌سنگ آهکی، سنگ‌آهک و دولومیت با یک قاعده کوارتزآرنایتی تشکیل شده است. همبری آن با سنگ‌های مربوط به پرکامبرین (سازند کلمرد) از نوع دگرشیبی زاویه‌دار و با گرانودیوریت‌های این زمان (پرکامبرین) از نوع دگرشیبی آذرین پی است (شکل ۲).

۳- پراگندگی محیطی اثر فسیل‌های *Rusophycus* و *Cruziana*

بایت گل و همکاران (۱۳۸۹) و حسینی‌برزی و بایت گل (۱۳۸۹) نهشته‌های آواری دارای اثرات فسیلی سازند شیرگشت را بررسی کردند. در این مطالعات سبزی نهشته‌ها، سطوح لایه‌بندی، ساختارهای رسوبی، اثرات فسیلی، میزان آشفستگی زیستی، تغییرات اندازه دانه‌ها و همچنین ارتباط لایه‌ها بررسی شدند. بررسی‌های صحرائی و سنگ‌نگاری سازند شیرگشت، به تشخیص ۴ مجموعه رخساره میکروسکوپی کربناتی و مجموعه گسترده‌ای از رخساره سنگی سیلیسی-آواری

در توالی‌های رسوبی پرکامبرین - پالئوزویک زیرین که شرایط مطلوب برای حفظ‌شدگی فسیل‌های پیکره‌ای را ندارند، بررسی اثر فسیل‌ها ابزار مناسبی برای مطالعه است، به گونه‌ای که بررسی تکامل دیرین بوم‌شناسی و ایکنوتاکنونومی مجموعه اثر فسیل‌ها، برای فهم شرایط دیرینه محیطی و تکامل سبک زندگی جانداران کف‌زی، سودمند است. در این رابطه بررسی تنوع ریخت‌شناسی اثر فسیل‌ها، طرح رفتاری آنها همراه با الگوی تیرینگ در آشیانه‌های زیستی، مهم ارزیابی می‌شود (Crimes, 1975; Droser et al., 1999; Jensen et al., 2000). همچنین بررسی افزایش پیچیدگی ریخت‌شناسی و تنوع ساختارهای زیستی در طرح تکاملی در مرز پرکامبرین - کامبرین و پالئوزویک زیرین در زمینه مطالعات زیست‌چینه‌ای و زون‌بندی واحدهای چینه‌ای استفاده می‌شود (Crimes, 1992). مهم‌ترین اثر جنس‌ها در این رابطه اثر فسیل‌های حاصل از فعالیت تریلوبیت‌ها (*Cruziana*, *Rusophycus*) و حفرات کرمی شکل بندپایان (*Arthropycus*, *Daedalus*, *Phycodes*) هستند (Seilacher, 1991). بر اساس مطالعات (Seilacher & Crimes (1969); Seilacher (1967, 1970, 1985, 1990, 1991, 1994)، کروزیانا دامنه زمانی و گسترش جغرافیایی معینی دارد و چینه‌شناسی کروزیانا زمینه مناسبی را برای مطالعات زیست‌چینه‌ای، بازسازی شرایط جغرافیایی دیرینه و دیرین‌بوم‌شناسی فراهم می‌کند. چینه‌شناسی کروزیانا بر اساس ساختارهای دوزانده‌ای نواری شکل کروزیانا با عنوان "cruzianaform" و ساختارهای لوبیایی شکل روزوفیکوس با عنوان "rusophyciform" در سطح اثر گونه صورت می‌گیرد (Mángano & Buatois, 2003). در بررسی‌های صحرائی به عمل آمده بر روی سازند شیرگشت، اثر فسیل‌های مختلفی یافت شدند که فراوانی اثر فسیل‌های کروزیانا و روزوفیکوس با تنوع ریخت‌شناسی بالا، زمینه مناسبی را برای مطالعه اثرشناسی این دو اثر جنس در سطح اثر گونه فراهم کرده‌اند. تنوع ریخت‌شناسی بالای این دو اثر جنس می‌تواند در بازسازی شرایط جغرافیایی دیرینه، دیرین‌بوم‌شناسی و زیست‌چینه‌ای

حسینی برزی، ۱۳۹۰). تداوم فرونشینی یا برپایی این نواحی بر اثر فعالیت گسل پی سنگی کلمرد موجب تفاوت در ستبرای و جنس طبقات رسوبی حوضه‌های رسوبی فرونشست شیرگشت و فرازمین کلمرد در طی پرکامبرین پسین - پالئوزویک شده است. بر همین اساس و بر پایه مطالعات زیست‌چینه‌نگاری پیشین (قادری و همکاران، ۱۳۸۶؛ Bassett et al., 1999; Hamed et al., 1997) سازند شیرگشت به سه واحد پایینی، میانی و بالایی تفکیک شده است (شکل ۲). نوع رخساره‌ها و محیط رسوبی و ترکیب سنگ‌شناسی در این واحدها با هم متفاوت است. فعالیت زمین‌ساختی محلی، شرایط اقلیمی مرطوب (بایت گل و حسینی برزی، ۱۳۹۰) و بالا آمدن جهانی سطح آب دریا در ابتدای اردووسین (Tremadocian) سبب ایجاد جزایر سدی لاگون‌ی پیش‌رونده (Prograding Barrier Island) با ستبرای زیاد در واحد پایینی سازند شیرگشت می‌شود (حسینی برزی و بایت گل، ۱۳۸۹؛ بایت گل و حسینی برزی، ۱۳۹۰). فرونشینی تفریقی (Differential Subsidence) در طول زمان Arenigian و غرق‌شدگی حوضه (Drowning of the basin) در نتیجه افزایش فعالیت زمین‌ساختی (حسینی برزی و بایت گل، ۱۳۸۹؛ بایت گل و حسینی برزی، ۱۳۹۰)، سبب ایجاد نهشته‌های دریایی ژرف‌تر پیش‌رونده (transgressive) واحد میانی سازند شیرگشت با رخساره‌های دور از ساحل - شلف شده است (بایت گل، ۱۳۸۸). سرانجام واحد کربناتی بالایی سازند شیرگشت در یک محیط رمپ کربناتی (Inner-mid Ramp) تن‌نشین شده است (بایت گل، ۱۳۸۸؛ بایت گل و حسینی برزی، ۱۳۹۰). گسترش رمپ کربناتی همراه با شواهد ریزرخساره (وجود سدهای آئیدی، میکرو دولومیت‌ها، شکل‌های دروغین تبخیری‌ها) و کاهش ورود آواری‌ها (تشکیل نشدن واحدهای آواری) در طول نهشت واحد بالایی سازند شیرگشت بر کاهش فعالیت زمین‌ساختی محلی، ایجاد شرایط اقلیمی خشک و گسترش رمپ کربناتی سازند شیرگشت دلالت دارد (بایت گل، ۱۳۸۸).

۴- اثر ساختی سیستماتیک

این بخش به معرفی سیستماتیک نمونه‌های یافت‌شده از دو اثر جنس *Cruziana* و *Rusophycus* می‌پردازد. نمونه‌های برداشت‌شده برپایه نام سازند و تعداد نمونه‌ها یا مشاهدات شماره‌گذاری شده‌اند. بیشتر نمونه‌های جمع‌آوری شده در آزمایشگاه‌های دانشگاه‌های فردوسی مشهد و کردستان نگهداری می‌شوند.

Ichnogenus *Cruziana* (D'orbigny, 1842)

ویژگی: ساختارهای دوباندی نواری شکل ('cruzianaform' band-shaped expression) یا لب‌های مزدوج متقارن طویل و متغیر در ژرفا، نسبت به سطح لایه‌بندی. مسیر حفرات مستقیم تا به نسبت انحنادار است. بیشتر به صورت برجسته بر روی سطح زیرین ماسه سنگ‌های دانه‌ریز یا سیلستون‌های ماسه‌ای دیده می‌شوند. عرض این اثرات به چند سانتی‌متر می‌رسد که در راستای طولی به وسیله شیار میانی به نسبت ژرف به دو لب موازی تقسیم می‌شوند. در امتداد طول لب‌ها، اثر خراش‌های حاصل از پاهای حرکتی (Endopodite) (شکل ۳)، در راستای عرضی دیده می‌شود. در بیشتر موارد این اثر خراش‌های عرضی را نمی‌توان به گروه‌های مشخص جدا کرد. اثر خراش‌ها در بخش داخلی لب‌ها (اثر پاهای حرکتی) شکل جناغی دارند که در امتداد طول اثر به صورت پیوسته دیده می‌شوند. گاه می‌توان آثار شیارهای جانبی طویل حاصل از خارگونه‌ای (Genal Spine) و اثرات خراش طولی حاصل از پاهای تنفسی (Exopodite) در حاشیه خارجی لب‌ها را با آرایش طولی و موازی با لب‌ها مشاهده کرد (شکل ۳).

بخت: کروزیانا اثر حفاری (burrow) یا خزشی دراز (نسبت درازا به پهنا بیش از دو است)، نواری شکل و دو لبی (به ندرت تک لبی) است که در صورت حفظ‌شدگی در سطح بالایی رسوب شکل شیار با برجستگی میانی (یا به صورت اثر خزشی دولبی با یک شیار میانی در حفظ‌شدگی در سطح زیرین لایه‌بندی) است.

انجامید (بایت گل و همکاران، ۱۳۸۹؛ حسینی برزی و بایت گل، ۱۳۸۹). مجموعه رخساره‌های یادشده، به همراه حضور اثررخساره‌ها، محیط رسوبی نهشته‌های آواری را حاشیه ساحلی، دور از ساحل و جزایر سدی لاگونی و محیط رسوبی نهشته‌های کربناتی را بخش‌های داخلی - میانی رمپ کربناتی معرفی می‌کنند (بایت گل و همکاران، ۱۳۸۹؛ حسینی برزی و بایت گل، ۱۳۸۹). با توصیف مجموعه‌های اثرشناختی بر اساس تجزیه و تحلیل اثر فسیل‌ها، شرایط پیش و پس از رسوب‌گذاری طبقات و سطوح چینه‌شناسی در نهشته‌های سازند شیرگشت بررسی شد. در این سازند، ۵ اثررخساره ایکونوفاسیس شناسایی شد، که ۳ نوع اثررخساره کروزیانا، اسکولایتوس و سیلینیکنوس تحت کنترل بستر و اثررخساره مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس تحت کنترل شرایط رسوبی و شوری محیط بودند. همچنین، سطوح پیش‌رونده فرسایشی، مناسب‌ترین نواحی برای گسترش مجموعه اثررخساره‌های تحت کنترل بستر یعنی اثررخساره گلوسی‌فانجیتس تشخیص داده شد. در رسوبات حاشیه ساحلی بالایی - پیش‌ساحل، پشت سد (لاگون-مخروط‌های شسته‌شده) و بخش میانی حاشیه ساحلی، مجموعه اثرات فسیلی سبک رفتاری چیره معلق‌خوار دارند (همانند اسکولایتوس و دیپلوکراتون). تغییرات ناگهانی در میزان رسوب‌گذاری، فرسایش و انتقال دوباره رسوبات موجب شده است که تنوع و فراوانی اثرجنس‌ها در این رخساره‌ها پایین باشد که در پی آن شاخص آشفستگی زیستی در این رخساره‌ها کمتر است (IB=1-3). نبود اثر فسیل‌های *Rusophycus* و *Cruziana* در این رخساره‌ها به دلیل نیاز جاندار سازنده این اثرات به بستر نرم و غنی از مواد غذایی است. بررسی ساختارهای رسوبی فیزیکی این رخساره‌ها نیز دلالت بر انرژی بالای محیط و شرایط نامطلوب زیست جانداران سازنده اثر فسیل‌های *Rusophycus* و *Cruziana* دارد (شکل ۲). مجموعه اثرجنس‌های موجود در این رخساره‌ها نشان‌دهنده وجود اثررخساره‌های اسکولایتوس و سیلینیکنوس (حاشیه ساحلی بالایی - پیش ساحل) و اثررخساره مخلوط کروزیانا-اسکولایتوس (پشت سد و بخش میانی حاشیه ساحلی) است (بایت گل و همکاران، ۱۳۸۹). در رسوبات حاشیه ساحلی پایینی و دور از ساحل (offshore) مجموعه اثرات فسیلی سبک رفتاری چیره تغذیه‌کننده از رسوبات و گریزینگ دارند. وجود ساخت‌های حاصل از توفان (چینه‌بندی مورب پشته‌ای) با شاخص آشفستگی زیستی پایین (IB=1-2) و رسوبات شیلی سیلتی دانه‌ریز با شاخص آشفستگی زیستی بالا (IB=4-6) نشان‌دهنده تأثیر نوسانات موجسار هوای آرام و توفانی بر روی بستر رسوبی است. زمان کافی برای کلنی‌شدن بر روی بستر پس از حمل دوباره و توفان و میزان بالای مواد غذایی در بسترهای دانه‌ریز، شرایط مساعدی برای سبک رفتاری گریزینگ و تغذیه‌کننده از رسوبات را به وجود آورده است، چنین شرایطی سبب شده است که اثر فسیل‌های *Rusophycus* و *Cruziana* بیشترین فراوانی و گسترش را در این رخساره‌ها داشته باشند. این مطالعات نشان می‌دهد که اثر فسیل‌های *Rusophycus* و *Cruziana* در رخساره‌های کم‌انرژی محیط‌های آرام با بستر گلی نرم و غنی از مواد غذایی بیشترین گسترش را دارند. همچنین توزیع این اثر فسیل‌ها در این مطالعات نشان می‌دهد که چنین اثراتی جزو اثررخساره کروزیانا هستند و در محیط‌های پایینی حاشیه ساحلی، و بخش‌های بالایی دور از ساحل (بالای موجسار هوای توفانی) بیشترین گسترش و فراوانی را دارند. شاخص آشفستگی زیستی (IB=4-6) (بایت گل و همکاران، ۱۳۸۹) در رخساره‌های دارای اثر فسیل‌های *Rusophycus* و *Cruziana* نشان‌دهنده فعالیت موجودات سازنده این اثرات در محیط‌های دریایی بدون تنش‌های محیطی است. بررسی‌های انجام شده، نشان‌دهنده آن است که تغییرات زمانی - مکانی در میزان ورود رسوب به حوضه افزون بر تغییرات بزرگ آب‌وهوایی در زمان اردووسین، بیشتر مرتبط با سازوکارهای ناحیه‌ای و محلی مانند فعالیت گسل پی سنگی کلمرد است (حسینی برزی و بایت گل، ۱۳۸۹؛ بایت گل و

Ichnospecies Cruziana goldfussi (Rouault, 1850)

نابلوی اشکل b، نابلوی ۲ شکل a

- **توصیف:** این اثر گونه شامل ساختارهای دوباندی نواری شکل مستقیم و بزرگی است که به صورت برجسته بر روی سطح زیرین طبقات ماسه سنگی دانه ریز دیده می شود. سطح بالایی این گونه پهنای کمتری نسبت به سطح پایینی دارد. لب های حاصل از پاهای حرکتی با اثر خراش های عرضی به طور کامل توسعه یافته است با این وجود این اثرات در بخش قدامی (anterior) به صورت موجی شکل دیده می شوند. شیار میانی جدا کننده لب ها به نسبت ژرف است. سوی اثر خراش های عرضی در این گونه نیز همانند *C. furcifera* به سمت بخش پسین خط شیار میانی است. اثرات شیارهای جانبی طویل حاصل از خار گونه ای با سطح صاف و بدون تزئینات در بخش خارجی هر دو پشته دیده می شود.

- **بحث:** بر اساس (Seilacher, 1967, 1985, 2007) وجود اثر شیار میانی ژرف و اثرات خراش با زاویه به نسبت کمتر در مقایسه با *C. furcifera* دلالت بر قرارگیری اندام های حفار تریلوبیت ها با زاویه کمتر نسبت به سطح بستر و بیشینه فشار جاندار سازنده، برای حفر رسوبات بستر است. مهم ترین ویژگی تفکیکی *C. goldfussi* از *C. furcifera* وجود اثر شیار جانبی حاصل از خار گونه ای (genal spine) است. نبود لب های حاصل از پاهای تنفسی در بخش خارجی پشته ها ویژگی مهمی برای تفکیک این اثر گونه از *C. semiplicata* است. بر اساس (Seilacher, 1967, 1985, 1994) جزو اثرات گروه کروزیانا روگوزا است. گسترش چینه شناسی *C. goldfussi* از اردووسین پیشین تا اردووسین میانی است (Seilacher, 1967). آرایش این خراش ها نشان دهنده حرکت جاندار به صورت tail-down است.

Ichnospecies Cruziana rugosa (D'orbigny, 1842)

نابلوی اشکل b، c

- **توصیف:** این اثر گونه شامل ساختارهای دوباندی به نسبت کوتاه و ژرف است که به صورت برجسته بر روی سطح زیرین طبقات ماسه سنگی دانه ریز دیده می شوند. لب های حاصل از پاهای حرکتی دارای اثر خراش های عرضی با زاویه کم هستند که به وسیله شیار میانی ژرف از هم جدا می شوند. این اثر دارای پشته های گنبدی شکلی است که به صورت محدب با حاشیه های قائم دیده می شوند. اثرات شیارهای جانبی طویل حاصل از خار گونه ای و لب های حاصل از پاهای تنفسی در بخش خارجی پشته ها در آن وجود ندارد. سطح هر لب با شیارهای پاهای حرکتی، به صورت مجموعه های ۵ تا ۱۲ خراش موازی با آرایش ۷ شکل دیده می شوند. اثرات پاهای حرکتی، به صورت آثار شیارهای موج دیده می شود و آرایش آنها نسبت به بخش پسین خط شیار میانی زاویه بالایی (۷۰ تا ۹۰ درجه) دارد.

- **بحث:** مهم ترین ویژگی *C. rugosa* وجود اثر خراش های عرضی موج با زاویه بالا نسبت به خط شیار میانی است. نبود شیارهای جانبی، اثر پاهای تنفسی و وجود اثر پاهای حرکتی موج با زاویه بالا، نسبت تفکیک این اثر از *C. goldfussi* و *C. furcifera* می شود. همچنین تفکیک مجموعه اثر خراش ها به دسته های مختلف باعث متمایز ساختن آن از *C. furcifera* می شود. جهت یافتگی اثر خراش ها نشان دهنده حرکت جاندار به صورت head-down است (Seilacher, 1967, 1991, 2007) (شکل ۳). چنین روند حرکتی دلالت بر نوع رفتار گریزینگ (Pascichnia) تریلوبیت سازنده این اثر دارد. بر اساس (Seilacher, 1967, 1985, 2007) جزو اثرات گروه کروزیانا روگوزا است. *C. rugosa* به عنوان اثر فسیلی شاخص اردووسین پیشین به شمار می آید (Seilacher, 1967, 1985, 2007; Crimes, 1970a, b; Baldwin, 1977; Fillion & Pickerill, 1990).

Ichnospecies Cruziana rouaulti (Lebesconte, 1883)

نابلوی اشکل ۳ شکل ba

- **توصیف:** این گونه شامل ساختارهای دوباندی مستقیم طویل با پهنای کم است

ممکن است به صورت یک جفت شیار با فاصله نزدیک (کمتر از پهنای هر شیار) حفظ شده باشد. شیارها با خراش های شاخ گاو مانند یا مورب پوشیده شده اند. با یا بدون زون های خراشی طولی یا صاف از حاشیه تا مرکز، با یا بدون برجستگی ها و لب های جانبی و یا آثار دسته جارویی در حفظ شدگی سطح زیرین لایه بندی هستند (Fillion & Pickerill, 1990). نحوه آرایش اثر خراش های عرضی و طولی بر روی بخش های داخلی و خارجی لب ها، باعث جدایش اثر گونه های مختلف کروزیانا می شود. عده ای از پژوهشگران بر این باورند که تنوع ریخت شناسی کروزیانا حاصل از الگوی حرکتی متفاوت جاندار سازنده آن است (Mángano & Buatois, 2003; Mángano et al., 2005). در مواردی که بخش پسین جاندار سازنده (tail-down) در حال تماس با بستر است، به آن Opisthocline Ploughing گفته می شود اما در حالتی که بخش قدامی جاندار سازنده (Head-down) در تماس با سطح بستر است، به چنین الگوی حرکتی Prosocline Ploughing گفته می شود (Seilacher, 2007) (شکل ۳). اثر جنس کروزیانا به عنوان اثرات حاصل از فعالیت بندپایان تفسیر می شود (Häntzchel, 1975) و اثر خراش ها بر روی لب ها به اثرات حاصل از اندام های حرکتی بندپایان نسبت داده می شود. (Seilacher, 1970, 1991, 1994) با توجه به شواهد فسیل های پیکره ای تریلوبیت در ماسه سنگ های Grès Armorica، کروزیانا را در هر دو فرم 'cruzianaform' و 'rusophyciform' به اثرات حاصل از فعالیت تریلوبیت ها نسبت داد. وی هر دو فرم (cruzianaform = کروزیانا و rusophyciform = روزوفیکوس) را معادل هم می دانست (Seilacher, 1970, 1991, 1994). اما دیگر پژوهشگران (Häntzchel, 1975; Fillion & Pickerill, 1990) بر این باورند که باید این دو اثر جنس را به دلیل الگوی رفتاری متفاوت جاندار سازنده آنها به اثر جنس ها و اثر گونه های مختلفی تفکیک کرد.

Ichnospecies Cruziana furcifera (D'orbigny, 1842)

نابلوی اشکل a

- **توصیف:** این گونه شامل ساختارهای دوباندی نواری شکل مستقیم تا به نسبت مایل است که به صورت برجسته بر روی سطح زیرین طبقات سیلتستون های ماسه ای و ماسه های سیلتی دیده می شود. *C. furcifera* دارای اثر خراش های عرضی منظم است که گاهی ارتباط قطع کننده با هم دارند و تشکیل ریخت لوزوجهی یا مشبک را بر روی لب های حاصل از پاهای حرکتی می دهند. زاویه تقاطع اثر خراش ها در خط شیار میانی به صورت زاویه تندی است. گاه به دلیل تحذب زیاد پشته ها در *C. furcifera*، اثرات خراش به صورت موجی شکل دیده می شود. اثرات به سمت بخش عقب (posterior) شیار میانی دارای آرایش به نسبت موازی با خط شیار میانی موجود در میان پشته ها است. اثرات اِگزاپودایت و شیارهای جانبی ندارد در حالی که اثرات اندوپودایت یا شیارهای عرضی به طور کامل به صورت ۷ شکل دیده می شود.

- **بحث:** *C. furcifera* اثر گونه حدواسط میان *C. rugosa* و *C. goldfussi* است. که نشان دهنده اثر رفتاری متفاوت نسبت به آنها است (شکل ۳). مهم ترین ویژگی *C. furcifera* وجود اثر خراش های عرضی موازی با بخش پسین خط شیار میانی است. نبود شیارهای جانبی طویل موازی با پشته ها یا اثر خار گونه ای و اثر پاهای تنفسی باعث متمایز این اثر از *C. goldfussi* می شود. همچنین نبود تفکیک مجموعه اثر خراش ها به دسته های مختلف باعث متمایز ساختن آن از *C. rugosa* می شود. جهت یافتگی اثر خراش ها نشان دهنده حرکت موجود با الگوی tail-down است (Seilacher, 1967, 1985, 1994) (شکل ۳). چنین روند حرکتی دلالت بر نوع رفتار خزشی (Repichnia) تریلوبیت سازنده این اثر دارد. بر اساس (Seilacher, 1970, 1991, 1994) جزو اثرهای گروه کروزیانا روگوزا است. گسترش چینه شناسی *C. furcifera* از اردووسین پیشین تا میانی است (Häntzchel, 1975; Fillion & Pickerill, 1990; Seilacher, 1967, 1985, 2007).

(اگرپودال) حفظ شدگی ضعیفی دارند. بر اساس (Seilacher, 1967) تغییرات در حفظ‌شدگی لب‌های حاصل از پاهای تنفسی در نتیجه تغییر الگوی رفتاری تریلوبیت سازنده آن است. به گونه‌ای که در برخی از نمونه‌های سازنده شیرگشت شواهدی از وجود لب‌های حاصل از پاهای حرکتی (اندوپودال) گسترده با اثرخراش‌های فراوان و نبود لب‌های حاصل از پاهای تنفسی با شیارهای جانبی نشان از نوع حرکتی head-down تریلوبیت سازنده و استفاده از اندوپودیت‌ها به‌عنوان عامل اصلی حرکت و کندن دارد. گسترش چینه‌شناسی *C. semiplicata* از کامبرین بالایی تا اردوویسین زیرین است و به عنوان اثر فسیل شاخص در این محدوده زمانی معرفی شده است (Seilacher, 1967, 1985, 1994, 2007; Crimes, 1970a; Baldwin, 1977; Fillion & Pickerill, 1990).

Ichnospecies Cruziana yini, (Yang and Fu, 1985)

تابلوی ۴ شکل b

توصیف: این گونه شامل ساختارهای دوباندی پهن و مسطح است که به صورت برجسته بر روی سطح زیرین سیلستون‌های ماسه‌ای دیده می‌شود. در *C. yini* لب‌های حاصل از پاهای حرکتی به وسیله شیار میانی کم ژرفا از هم جدا شده‌اند و اثرخراش‌های عرضی در آنها با آرایشی تقریباً قائم نسبت به شیار میانی قرار گرفته‌اند، اثرخراش‌ها به صورت شیارهای به نسبت ستبر و گاه دوشاخه و سه‌شاخه دیده می‌شوند. به گونه‌ای که در بیشتر موارد زاویه آنها نسبت به شیار میانی ۸۰ تا ۹۰ درجه است. این اثرات غالباً به شکل ۷ هستند. اثر شیارهای عرضی در حاشیه درونی آرایشی قائم دارند و به تدریج به سمت حاشیه بیرونی لب‌ها، انحنای به نسبت کمی در آنها ایجاد می‌شود به گونه‌ای که با حاشیه بیرونی لب‌ها زاویه منفرجه ایجاد می‌کنند. اثر شیارهای جانبی طویل حاصل از خارگونه‌ای و لب‌های حاصل از پاهای تنفسی در بخش خارجی پشته‌ها در *C. yini* وجود ندارد. اثرخراش‌ها نیز در این گونه، شواهدی از میل به آرایش موازی با بخش پسین خط شیار میانی نشان نمی‌دهند. این اثرات در بخش قدامی (Anterior) خط شیار میانی روندی تقریباً موازی را با آن نشان می‌دهند. **بحث:** در ابتدا اثراتی با چنین الگوی به اشتباه به عنوان *C. furcifera* معرفی شدند، به دلیل این که گاه اثرخراش‌های عرضی در لب‌های درونی ارتباط متقاطع با هم دارند و با زاویه تند نسبت به شیار میانی قرار می‌گیرند (Aceñolaza & Milana, 2005; Aceñolaza et al., 2008). با این وجود *C. yini* در قیاس با *C. furcifera* بدون هر گونه طرح شبک است. برخی از پژوهشگران به اثرگونه حدواسط این دو اثرگونه به نام *C. furcifera-C. yini* اشاره می‌کنند (Márgano et al., 2001). ویژگی اصلی *C. yini* وجود شیار میانی کم ژرفا، اثرات خراش عرضی با آرایش تقریباً موازی در بخش قدامی و آرایش به نسبت قائم در بخش پسین است (Aceñolaza et al., 2008). سوی اثرخراش‌ها نشان‌دهنده حرکت موجود به صورت head-down است. چنین روند حرکتی و نبود لب‌های حاصل از پاهای تنفسی نشان از به کارگیری پاهای حرکتی به وسیله جاندار سازنده به‌عنوان عامل اصلی حرکت و الگوی رفتاری گریزینگ تریلوبیت سازنده این اثر دارد. تفکیک این اثرگونه از *C. rugosa* بر اساس نبود آثار شیار مواج در لب‌های درونی است.

Ichnogenus Rusophycus (Hall, 1852) *Rusophycus* isp. A

تابلوی ۵ شکل a

توصیف: ساختارهای دولبی با لب‌های مزدوج متقارن که به صورت برجسته بر روی سطح زیرین طبقات سیلستون ماسه‌ای دیده می‌شود. در جهت طولی به وسیله شیار میانی کم ژرفا و تاحدی عریض به دو لب موازی تقسیم می‌شوند. لب‌ها نسبت به هم غیر متقارن هستند. پهنای این اثر به دلیل بازشدگی در انتهای بخش قدامی دو برابر عریض‌تر از بخش پسین است. اثرخراش‌ها در بخش پسین لب‌ها با آرایش موازی نسبت به هم، مایل و با زاویه حاده نسبت به شیار میانی قرار دارند، در صورتی که به سمت بخش انتهایی بخش قدامی، اثرخراش‌ها آرایش شیار مواج دارند.

که به صورت برجسته بر روی سطح زیرین طبقات ماسه‌سنگی دانه‌ریز و سیلستون ماسه‌ای دیده می‌شود. این اثرات به صورت مستقیم تا به نسبت انحادار هستند. هر دو لب حاصل از پاهای حرکتی به صورت نسبتاً مسطح دیده می‌شوند که به وسیله شیار میانی کم ژرفا از هم جدا شده‌اند. لب‌ها به صورت صاف و بدون اثرات زایدی پاهای حرکتی (اندوپودایت) است. گاه اثرات اندوپودایت با حفظ‌شدگی ضعیف دیده می‌شود که آرایشی تقریباً قائم به نسبت شیار میانی دارند. اثرات شیارهای جانبی طویل با سطح صاف و بدون تزئینات در بخش خارجی هر دو پشته با پهنای به نسبت باریک و حفظ‌شدگی ضعیف دیده می‌شود.

بحث: از نظر ایکنوتاکنونومیک، نظر واحدی در ارتباط با *C. rouaulti* وجود ندارد. به گونه‌ای که برخی از پژوهشگران این اثرگونه را مترادف با اثرگونه *Didymaulichnus rouaulti* می‌دانند (Crimes, 1970a, b, 1975). (Knaust (2004). *Didymaulichnus rouaulti* را برای اثراتی با ویژگی مشابه استفاده کرده است. (Márgano et al. (2001 نیز چنین اثراتی را نتیجه تغییرات حفظ‌شدگی *C. semiplicata* می‌دانند و به تازگی برخی از پژوهشگران *C. rouaulti* را جزو اثرات گروه کروزیانا روگوزا (Gibb et al., 2009) و این اثرگونه را به عنوان مراحل اولیه رشد (ontogenetic) اثرگونه‌های *C. goldfussi* و *C. furcifera* می‌دانند. *C. rouaulti* را به اثرات تغذیه‌ای - خزشی (Fodinichnia - Repichnia) حاصل از فعالیت تریلوبیت‌ها نسبت می‌دهند (Seilacher, 1967, 1985, 2007). مهم‌ترین ویژگی *C. rouaulti* وجود ساختارهای دوباندی صاف و شیارهای جانبی طویل و باریک بدون اثرات تزئینی است. نبود اثرخراش‌های عرضی و پهنای به نسبت کمتر این اثرگونه سبب تفکیک آن از *C. goldfussi* و *C. furcifera* می‌شود. این گونه به طور چیره در نهشته‌های اردوویسین زیرین و میانی دیده می‌شود (Seilacher, 1967, 2007).

Ichnospecies Cruziana semiplicata (Salter, 1853)

تابلوی ۴ شکل a

توصیف: این اثرگونه شامل ساختارهای دوباندی مستقیم تا انحادار است که به صورت برجسته به روی سطح زیرین طبقات ماسه‌سنگی دانه‌ریز دیده می‌شود. در این گونه، لب‌های حاصل از پاهای حرکتی به وسیله شیار میانی کم ژرفا از هم جدا شده‌اند و اثرات خراش عرضی با آرایشی تقریباً قائم نسبت به شیار میانی قرار گرفته‌اند به گونه‌ای که در بیشتر موارد زاویه آنها نسبت به شیار میانی ۷۰ تا ۹۰ درجه است. این اثرات گاه زاویه تندی نسبت به خط شیار میانی دارند (کمتر از ۷۰ درجه). در این گونه، اثر خراش‌ها در بیشتر موارد به صورت شیار مواج دیده می‌شوند. گاه اثرخراش‌ها حاشیه خارجی لب‌ها را با زاویه‌ای منفرجه قطع می‌کنند و سپس به تدریج نسبت به شیار میانی به آرایشی تقریباً موازی یا با زاویه کم تغییر می‌یابند. همچنین در مواردی در حاشیه خارجی لب‌ها اثرخراش‌های طولی با حفظ‌شدگی ضعیف و ارتباط قطع‌کننده با خراش‌ها عرضی دیده می‌شود. اثرات شیارهای جانبی طویل در بخش خارجی پشته‌ها در برخی موارد با حفظ‌شدگی ضعیف دیده می‌شود. اثرخراش‌ها در این گونه، شواهدی از میل به آرایش موازی با بخش پسین خط شیار میانی نشان نمی‌دهند. **بحث:** مهم‌ترین ویژگی *C. semiplicata* وجود لب‌های داخلی و خارجی و شیارهای جانبی طویل است. سوی اثرخراش‌ها نشان‌دهنده حرکت موجود به صورت head-down است (Jensen et al, 2011) (شکل ۳). چنین روند حرکتی دلالت بر نوع رفتار گریزینگ (Pascichnia) تریلوبیت سازنده این اثر دارد. ارتباط قطع‌کننده میان اثرات خراش و شکل مواج این اثرات موجب می‌شود که این اثرگونه شباهت‌های زیادی با *C. tortworthi* و *C. furcifera* داشته باشد به گونه‌ای که بر اساس مطالعات (Crimes (1975, 1987) میان این اثرگونه‌ها روند تکاملی وجود دارد که به صورت تغییر تدریجی *semiplicata-tortworthi-furcifera* به ترتیب معرفی می‌کند. (Seilacher (1990, 1991) به دلیل شباهت زیاد میان *C. semiplicata* و *C. tortworthi* آنها را مترادف هم در نظر گرفت. در برخی از نمونه‌ها، لب‌های حاصل از پاهای تنفسی

Rusophycus isp. B

تابلوی شکل ۵ b

توصیف: ساختارهای دولبی با لب‌های مزدوج متقارن که به صورت برجسته بر روی سطح زیرین طبقات ماسه‌سنگی دانه ریز یا سیلستون‌های ماسه‌ای دیده می‌شود. مسیر حفرات مستقیم تا به نسبت انحنادار است. عرض این اثرات به چند سانتی متر می‌رسد که در جهت طولی به وسیله شیار میانی کم ژرف و تاحدی عریض به دو لب موازی تقسیم می‌شوند. پهنای این اثرجنس به دلیل بازشدگی در انتهای بخش قدامی اثر، بیشتر از بخش پسین است. سطح هر لب با اثرخراش‌ها به صورت عرضی، ستبر، به صورت مجموعه‌های ۵ تا ۸ خراش موازی پوشیده می‌شود. آرایش اثرخراش‌ها آنها نسبت به خط شیار میانی دارای زاویه بالایی (۸۰ تا ۹۰ درجه) است.

بحث: نداشتن ویژگی‌های برشناختی شاخص و تعداد کم نمونه‌ها در دو اثرجنس *Rusophycus isp. A* و *Rusophycus isp. B* باعث شده است که نتوان آنها را به طور دقیق به اثرگونه مشخصی نسبت داد. برای مطالعه تحلیل ایکنوتاکسونومی اثرجنس روزوفیکوس به مطالعات (Fillion & Pickerill, 1990) مراجعه شود.

Ichnospecies *Rusophycus carbonarius* (Dawson, 1864)

تابلوی شکل ۵ c

توصیف: ساختارهای دولبی نسبتاً کوچک و کم ژرفا. به صورت برجسته بر روی سطح زیرین ماسه‌سنگ‌های دانه ریز دیده می‌شوند. لب‌ها در این اثرگونه موازی هم هستند و به وسیله شیار میانی کم ژرفا و تاحدی عریض از هم جدا می‌شوند. این اثرگونه در انتهای بخش قدامی بازشدگی نشان می‌دهد که باعث ایجاد محدوده به نسبت مثلثی شکل در بخش قدامی اثر می‌شود. لب‌ها در بیشتر موارد فاقد اثرخراش‌ها هستند اما در موارد محدودی ممکن است اثرات ضعفی از آثار خراش بر روی بخش پسین اثر به صورت تقریباً مایل با زاویه حاده نسبت به شیار میانی دیده شود.

بحث: به طور مرسوم به اثرات دولبی کوچک شبیه دانه‌های قهوه (coffee bean-like) اصطلاح *Rusophycus didymus* (Salter, 1853) داده می‌شود. با این وجود، جنبه ایکنوتاکسونومی *R. didymus* هنوز مورد بحث است به گونه‌ای که برخی از پژوهشگران *R. didymus* را حاصل از منشأ غیرزیستی می‌دانند و گسترش چینه‌شناسی آن را پرکامبرین تا تریاس در نظر می‌گیرند (Mángano et al., 1996, 2002, 2005). با وجود نبود هر گونه تفاوتی با *R. didymus*، به اثرات دوزانده‌ای کوچک با بازشدگی بخش قدامی در نمونه‌های سازند شیرگشت، نام *Rusophycus carbonarius* داده شد. در این زمینه توصیه می‌شود به منابع مربوطه (Mángano et al., 1996, 2001, 2002, 2005) مراجعه شود. روزوفیکوس را به عنوان اثرفسیل‌های حاصل از نوع رفتار استراحتی (Cubichnia) تریلوبیت‌های کوچک (شکل ۳) در نظر می‌گیرند (Mángano et al., 2002).

Ichnospecies *Rusophycus latus* (Webby, 1983)

تابلوی شکل ۵ d

توصیف: ساختارهای دولبی ژرف به وسیله شیار میانی کم ژرفا از هم جدا شده‌اند و به صورت هیپورلیف محدب بر روی سطح ماسه‌سنگ‌های دانه‌ریز دیده می‌شوند. حاشیه لب‌ها در بیشتر موارد قلبی شکل است. لب‌ها به موازات هم هستند با این وجود در برخی موارد این لب‌ها نسبت به هم غیر متقارن هستند. اثرخراش‌ها بر روی لب‌ها به صورت عرضی، ستبر و گاه دوشاخه هستند. آرایش خراش‌ها در بخش پسین اثر نسبت به شیار میانی قائم است اما به تدریج این خراش‌ها به سمت بخش قدامی اثر آرایشی به نسبت موازی با شیار میانی ایجاد می‌کنند. این اثرگونه بیشتر در نهشته‌های اردوویسین زیرین دیده می‌شود و حاصل رفتار استراحتی است (Mángano et al., 2005).

Ichnospecies *Rusophycus moyensis* (Mángano et al., 2002)

تابلوی شکل ۵ f

توصیف: این اثرگونه شامل ساختارهای دولبی کشیده و لویبایی شکل موازی است

که به‌وسیله شیار میانی ژرف و تاحدی عریض از هم جدا شده‌اند. این اثرگونه به صورت برجسته بر روی سطح زیرین ماسه‌سنگ‌های دانه‌ریز دیده می‌شود. حاشیه لب‌ها در بیشتر موارد صاف و محدب‌شکل است. آثار خراش بر روی این گونه حفظ‌شدگی ضعفی دارد. در برخی موارد لب‌ها نسبت به هم غیر متقارن هستند و در بخش قدامی اثر نسبت به هم روند همگرایی نشان می‌دهند. این اثرگونه در اندازه‌های متفاوت و غالباً در نهشته‌های کامبرین بالایی- اردوویسین زیرین دیده می‌شود (Mángano et al., 2005).

۵- اثرچینه‌نگاری کروزیانا

Seilacher (1967, 1970, 1985, 1990, 1991, 1994) ۱۶ اثرگونه از کروزیانا را در ۷ گروه معرفی کرده است که کاربرد آنها را برای مطالعات زیست‌چینه‌ای کامبرو- اردوویسین مناسب می‌داند. مهم‌ترین اثرگونه‌های کروزیانا در مطالعات زیست‌چینه‌ای شامل *C. semiplicata* و *C. yini*، *C. rugosa*، *C. furcifera*، *C. goldfussi* (Hall, 1852; Crimes, 1970a, b). یکی از مهم‌ترین گروه‌های اثرفسیلی کروزیانا در نهشته‌های سازند شیرگشت گروه کروزیانا روگوزا و شامل *Cruziana rugosa*، *Cruziana goldfussi*، *Cruziana furcifera* و *Cruziana rouaulti* است. بیشتر پژوهشگران گسترش چینه‌شناسی این گروه را از اردوویسین زیرین تا اردوویسین میانی در نظر می‌گیرند (Seilacher, 1967, 1970, 1985, 1990, 1991, 2007; Gib et al., 2009; Crimes, 1970; Mángano et al., 1996, 2001). البته برخی از پژوهشگران به گسترش چینه‌شناسی این گروه تا مرز بالایی اردوویسین نیز اشاره می‌کنند (Egenhoff et al., 2007). به تازگی بر اساس مطالعات دیگر پژوهشگران، *C. yini* نیز جزو اثرات گروه کروزیانا روگوزا به شمار می‌آید (Aceñolaza et al., 2008). بر این اساس، *C. yini* یکی از اثرفسیل‌های شاخص اردوویسین میانی (post-Tremadocia) است. همچنین (Seilacher, 1967, 1990) می‌کند گسترش چینه‌شناسی گروه کروزیانا روگوزا را تا اردوویسین بالایی معرفی می‌کند اما در مطالعات بعدی (Seilacher, 1994) به دلیل حمایت دیگر شواهد زیست‌چینه‌ای، گسترش چینه‌شناسی این گروه را تا اردوویسین بالایی در حاله‌ای از ابهام قرار می‌دهد. یکی دیگر از مهم‌ترین اثرات موجود در نهشته‌های سازند شیرگشت اثرگونه *C. semiplicata* است که بر اساس مطالعات پژوهشگران مختلف، گسترش چینه‌شناسی این اثر کامبرین بالایی تا اردوویسین پیشین (Furongian-Tremadocian) است (Jensen et al., 2000, 2011). با این وجود، همپوشانی اثرگونه‌های گروه کروزیانا روگوزا با *C. semiplicata* در نهشته‌های سازند شیرگشت مشابه مطالعات دیگر پژوهشگران می‌تواند نشان‌دهنده سن اردوویسین پیشین *C. semiplicata* در نهشته‌های سازند شیرگشت باشد (Seilacher and Crimes, 1969; Crimes, 1970, 1975; Jensen et al., 2000, 2011). از دیگر اثرگونه‌های مشاهده‌شده در نهشته‌های سازند شیرگشت *R. latus*، *R. moyensis* و *R. carbonarius* هستند که گسترش چینه‌شناسی کامبرین بالایی تا اردوویسین پیشین است. با این وجود همپوشانی این اثرگونه‌های گروه کروزیانا روگوزا به ویژه *C. goldfussi* و *C. furcifera* نشان دهنده باقی‌ماندن جانداران سازنده این اثرات تا اردوویسین پیشین است (Mángano & Buatois, 2003). همچنان که پیش‌تر گفته شد بررسی افزایش پیچیدگی ریخت‌شناسی اثرفسیل‌ها در زمینه مطالعات زیست‌چینه‌ای و زیست‌زون‌بندی واحدهای چینه‌ای استفاده می‌شود، به‌گونه‌ای که اثرفسیل‌های حاصل از فعالیت تریلوبیت‌های سازند شیرگشت روند تکاملی را از قاعده نهشته‌های آواری به سمت بالای آن نشان می‌دهند این الگو به صورت حضور *R. latus*، *R. moyensis* یا *C. semiplicata* در قاعده توالی است و گاه اثرفسیل *C. furcifera* با آنها همپوشانی نشان می‌دهد، این اثرفسیل شاخص اردوویسین پیشین است (Knaust, 2004). به سمت بالای توالی، این اثرفسیل‌ها به ترتیب به

کامبرو- اردوئوسین (به‌ویژه رسوبات تخریبی که بدون هر گونه فسیل پیکره‌ای هستند) بر اساس توزیع جغرافیایی اثرگونه‌های مختلف کروزیانا و روزوفیکوس فراهم آورد. مهم‌ترین اثرگونه‌های موجود در بررسی این موضوع بررسی اثرگونه‌های *Cruziana rugosa*, *Cruziana goldfussi*, *Cruziana furcifera* و *Cruziana semiplicata* است که از فراوان‌ترین اثر فسیل‌ها در سازند شیرگشت هستند.

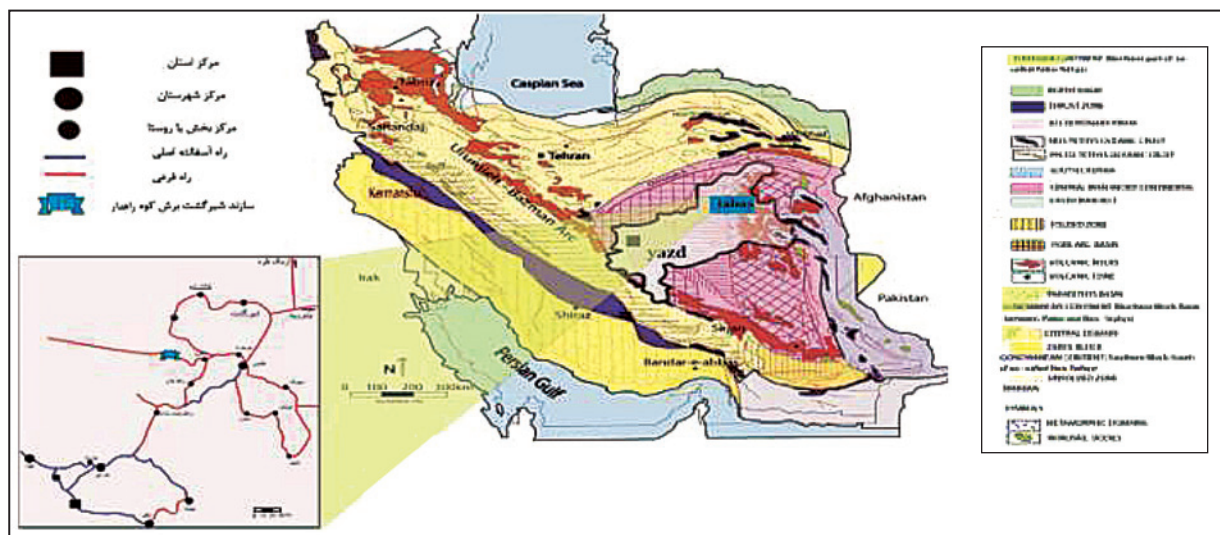
۶- نتیجه‌گیری

بررسی ریخت‌شناسی، اندازه و نوع آرایش اثر خراش‌های عرضی و طولی در اثر فسیل کروزیانا حاصل از فعالیت بندپایان سازند شیرگشت در برش راهدار بلوک کلمرد ایران مرکزی منجر به شناسایی اثرگونه‌های مختلف کروزیانا و روزوفیکوس از این نهشته‌ها شد. اثرگونه‌های کروزیانا شامل *Cruziana rugosa*, *Cruziana goldfussi*, *Cruziana furcifera*, *Cruziana rouaulti* و *Cruziana semiplicata* و اثرگونه‌های متعلق به روزوفیکوس شامل *Rusophycus*, *Rusophycus latus*, *Rusophycus isp B*, *Rusophycus isp A*, *Rusophycus carbonarius* و *moyensis* است. اثرچینه‌نگاری کروزیانا بر اساس اثرگونه‌های مختلف کروزیانا و روزوفیکوس نشان‌دهنده سن اردوئوسین پیشین تا اردوئوسین میانی است. از مهم‌ترین گروه‌های اثر فسیلی کروزیانا در نهشته‌های سازند شیرگشت گروه کروزیانا روگوزا است که نشان‌دهنده سن اردوئوسین پیشین تا میانی نهشته‌های آواری سازند شیرگشت است.

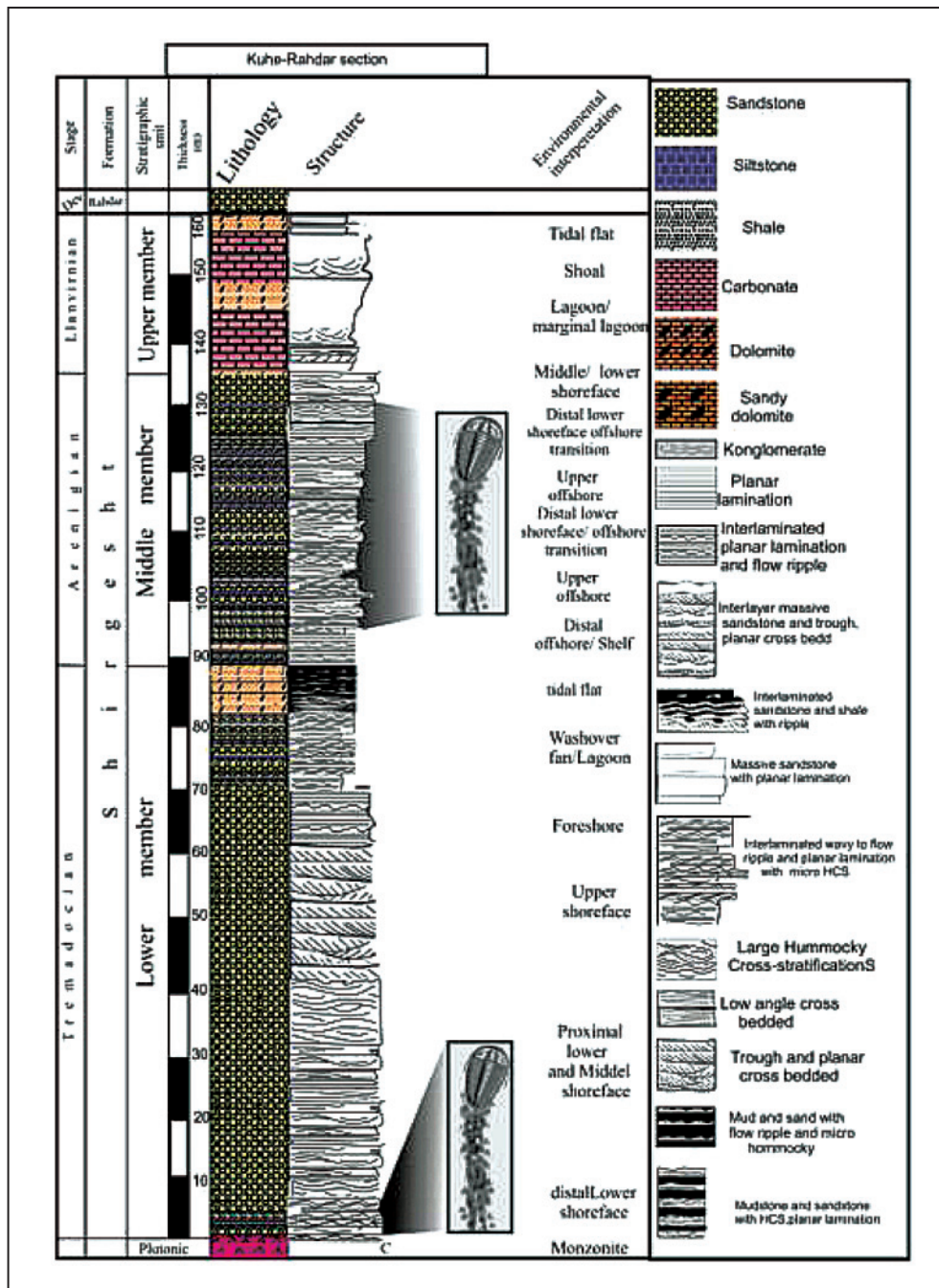
سپاسگزاری

به‌این وسیله از مدیر محترم گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی به سبب در اختیار گذاشتن امکانات برای انجام مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی سپاسگزاری می‌شود. از همکاری آقایان مهدی شادان و اسد عبدی به خاطر همراهی در جمع‌آوری نمونه‌ها و مطالعات صحرایی سازند شیرگشت تشکر می‌شود. همچنین از پروفسور Luis Buatois و Gabriela Mángano از دانشگاه کانزاس آمریکا به خاطر معرفی و فرستادن برخی از منابع مورد نیاز برای تکمیل این پژوهش سپاسگزاری می‌شود. همچنین از استاد گرانقدر پروفسور Guillermo Aceñolaza از دانشگاه Tucumán آرژانتین به خاطر نقطه نظرات ارزنده‌شان به‌ویژه در شناسایی و تحلیل اثرگونه *C. yini* سپاسگزاری می‌شود. در پایان از داوران محترم که با نظرات مفید خود به ارتقای سطح علمی این مقاله کمک کرده‌اند سپاسگزاری می‌شود.

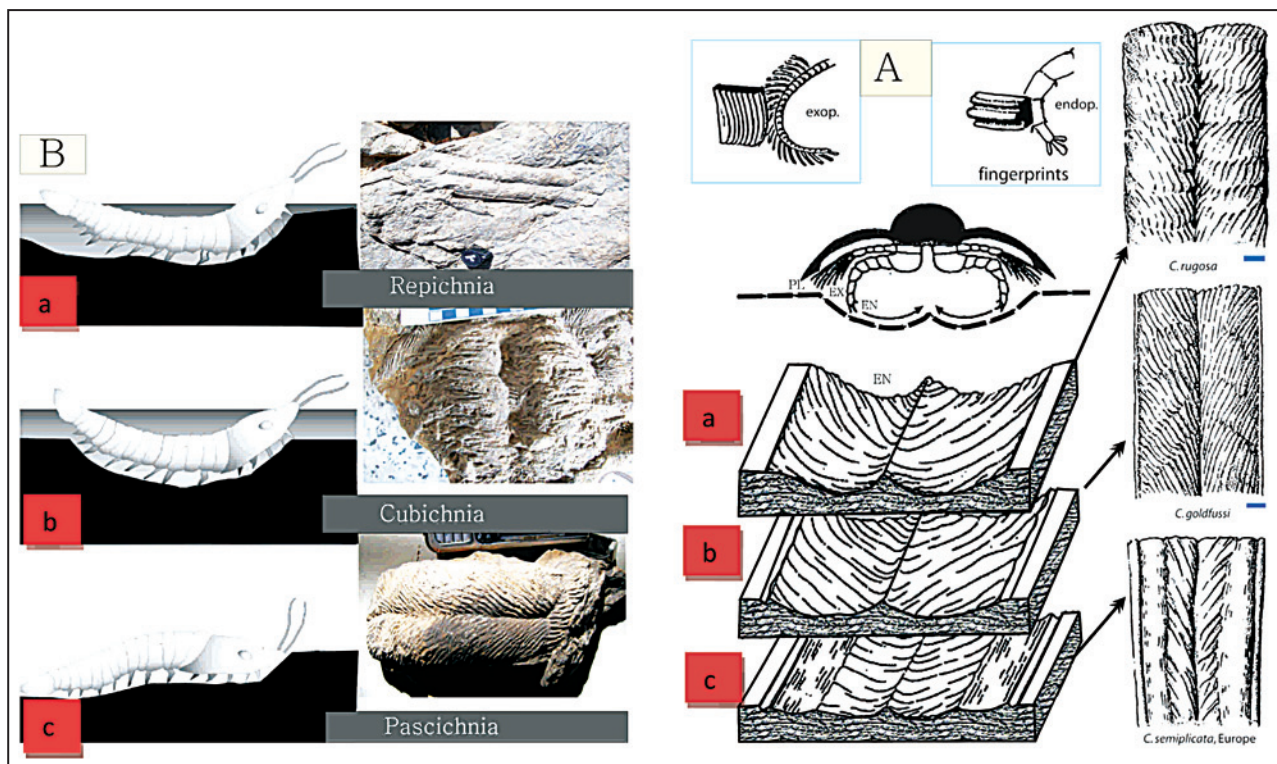
وسيله اثر فسیل‌های *C. rugosa*, *C. rouaulti*, *C. furcifera*, *C. goldfussi* و *C. yini* جایگزین می‌شوند (شکل ۳). جدول ۱ اثرگونه‌های مختلف شناسایی شده در نهشته‌های آواری سازند شیرگشت و گسترش چینه‌شناسی آن را در تطابق با مطالعات پژوهشگران مختلف نشان می‌دهد. چنین شواهد اثرشناختی گواهی بر سن کامبرین پیشین تا اردوئوسین میانی برای نهشته‌های آواری سازند شیرگشت است. تأیید قطعی سن کامبرین پیشین در این مطالعه با توجه به حضور گونه‌های *R. moyensis* و *R. latus* با *C. semiplicata* (کامبرین پسین- اردوئوسین پیشین) در قاعده توالی نیاز به مطالعات تکمیلی زیست‌چینه‌ای فسیل‌های پیکره‌ای (در صورت وجود) در کوارتزیت‌های قاعده‌ای سازند شیرگشت دارد. با این وجود، تنها مطالعه زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های آواری سازند شیرگشت در بلوک کلمرد توسط قادری و همکاران (۱۳۸۶) در برش میوگدار صورت گرفته است. آنها بر اساس کنودونت‌ها، سن اردوئوسین پیشین (Tremadocian-Arenigian) را برای نهشته‌های سازند شیرگشت معرفی می‌کنند. البته این پژوهشگران در مطالعات خود به نبود نمونه‌های مناسب برای مطالعات زیست‌چینه‌ای در قاعده توالی شیرگشت (کوارتزیت‌های پایه‌ای) اشاره دارند، به‌گونه‌ای که نسبت دادن سن کامبرین پسین به قاعده توالی سازند شیرگشت بر اساس حضور اثرگونه‌های *R. latus*, *R. moyensis* با *C. semiplicata* به دلیل نبود شواهد زیست‌چینه‌ای مناسب، مورد بحث است. همچنین همپوشانی اثرگونه‌های *R. latus*, *R. moyensis* با *C. semiplicata* (شاخص اردوئوسین پیشین) نشان از باقی ماندن جانداران سازنده این اثرات تا اردوئوسین پیشین و سن اردوئوسین پیشین واحد پایینی سازند شیرگشت دلالت دارد. همچنین Ghobadi Pour et al. (2006) بر اساس زیست‌چینه‌نگاری فسیل‌های پیکره‌ای استراکد، تریلوبیت (*Nesuretinus*) و براکیوپود (*Nicoletta*) در برش الگو واقع در کوه‌های درنجال، سن اردوئوسین میانی را برای نهشته‌های سازند شیرگشت پیشنهاد می‌کنند. دیگر مطالعات انجام شده توسط پژوهشگران مختلف، سن اردوئوسین پیشین تا اردوئوسین میانی را پیشنهاد می‌کند (Pillet, 1973; Hamed et al., 1997; Bassett et al., 1999; Mehrjerdi, 2001). همچنین آنها علت این اختلاف سن در مطالعات زیست‌چینه‌نگاری انجام شده از سازند شیرگشت را نتیجه گسل‌خوردگی این سازند می‌دانند. داده‌های موجود در کار حاضر در حد بررسی علت چنین اختلاف سنی نیست و تنها به طرح امکان سن اردوئوسین پیشین تا میانی نهشته‌های آواری سازند شیرگشت بر اساس وجود اثرگونه‌های مختلف گروه کروزیانا روگوزا بسنده می‌کند. همچنین این مطالعات می‌تواند زمینه مناسبی را برای تفسیر جغرافیای دیرینه ایران مرکزی در طول



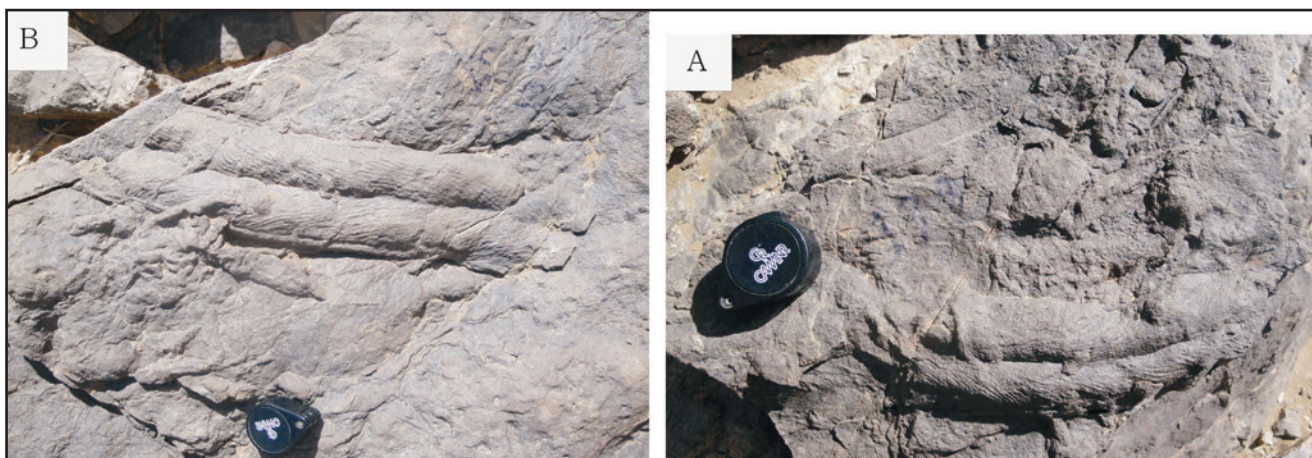
شکل ۱- نقشه ناحیه طبرس و موقعیت جغرافیایی برش کوه راهدار.



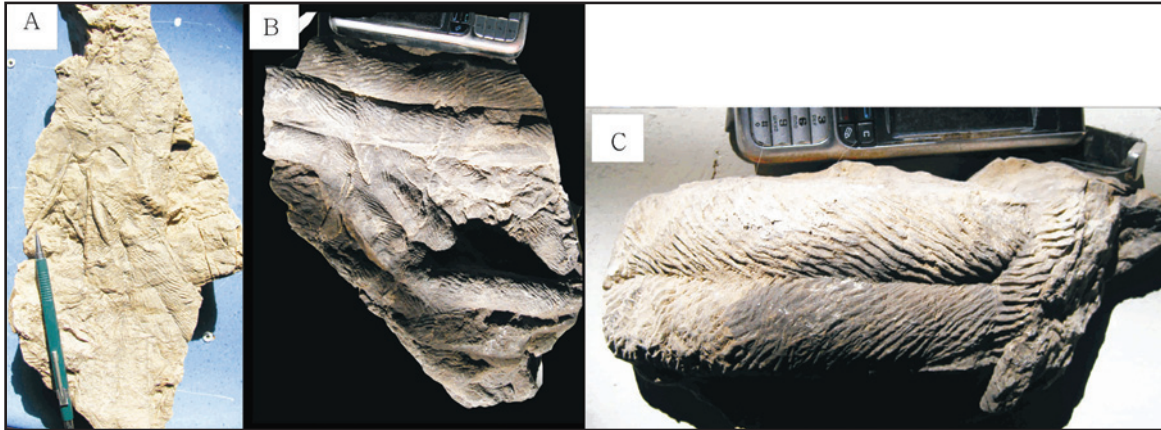
شکل ۲- ستون چینه‌شناسی سازند شیرگشت در برش کوه راهدار همراه با ساخت‌های رسوبی موجود در لایه‌ها و اثر حرکتی ترابولیت‌ها (رخساره‌های دارای اثر فسیل‌های *Rusophycus* و *Cruziana*).



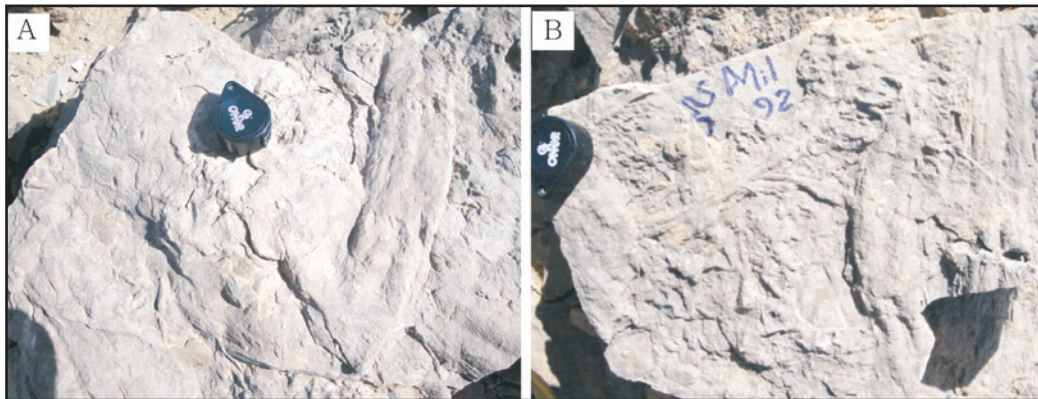
شکل ۳- مدل حرکتی تریلوبیت‌های سازنده اثر فسیل‌های کروزیانا و روزوفیکوس در مورفوتایپ‌های مختلف کروزیانا و روزوفیکوس سازنده شیرگشت (بر اساس Seilacher, 2007). روند اثر فسیل‌ها در طرح ریخت‌شناسی کروزیانا در تطابق با ریخت‌شناسی پیشنهاد شده این اثرات (Seilacher, 2007) همراه با بخش‌های مختلف پدیدآورنده اثر فسیل‌ها. (A) روند اثر فسیل‌ها در طرح ریخت‌شناسی کروزیانا در تطابق با ریخت‌شناسی پیشنهاد شده این اثرات (Seilacher, 2007) همراه با بخش‌های مختلف پدیدآورنده اثر فسیل‌ها. *Cruziana goldfussi*، شامل: EX:exopodal. PL: plural or genal spine. EN: endopodal (a) بدون شیارهای جانبی و لب‌های حاصل از پاهای تنفسی، همراه با لب‌های حاصل از پاهای حرکتی، پاهای تنفسی و شیارهای جانبی و (B) الگوی حرکتی و رفتاری تریلوبیت‌های سازنده اثر فسیل‌ها (بر اساس Seilacher, 1970): (a) الگوی حرکتی *tail-down* و رفتاری *repichnia* در اثراتی همانند *Cruziana goldfussi*. (b) اثر استراحتی یا *cubichnia* در اثراتی همانند *Rusophycus isp.* - c الگوی حرکتی *head-down* گریزینگ *pascichnia* در اثراتی همانند *Cruziana semiplicata*.



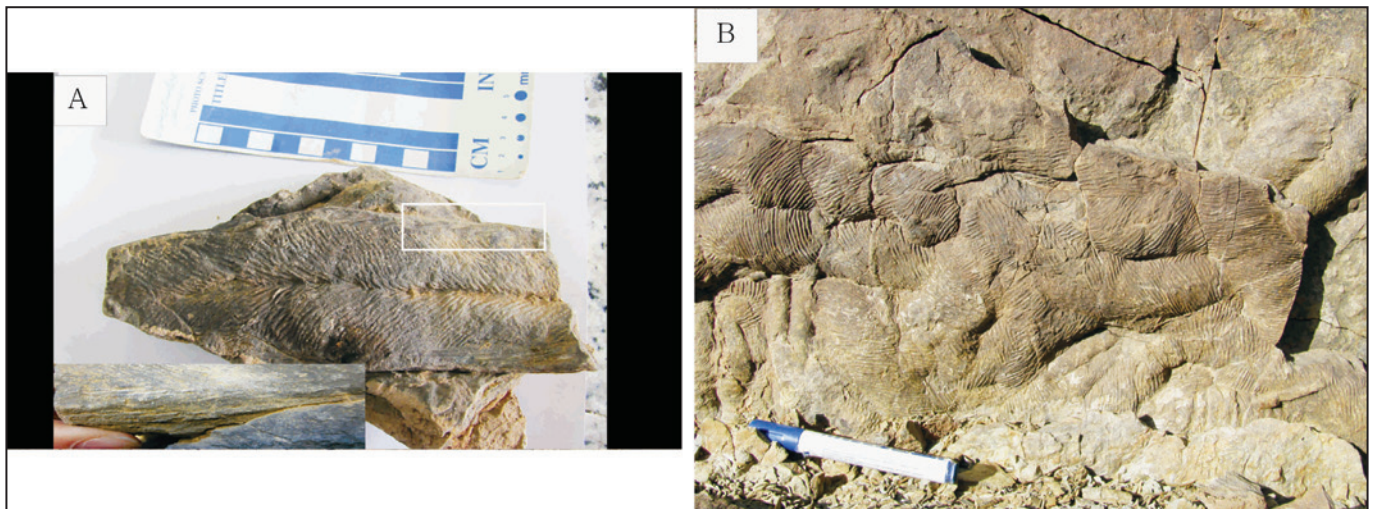
تابلوی (a-1) *Cruziana furcifera* از واحد پایینی سازنده شیرگشت، اثر خراش‌ها به صورت موجی شکل با آرایش به نسبت موازی با خط شیار میانی موجود در میان پشته‌ها است. بدون اگر اپودایت و شیارهای جانبی است. سوی حرکت از چپ به راست (SH761) و *Cruziana goldfussi* از واحد میانی سازنده شیرگشت، لب‌های اندوپودال با اثر خراش‌های عرضی. اثرها به صورت موجی شکل و آرایش به سمت بخش پسین خط شیار میانی با شیارهای جانبی طولیل در حاشیه. سوی حرکت از راست به چپ (SH732). (اندازه مقیاس برابر ۲/۵ سانتی‌متر است).



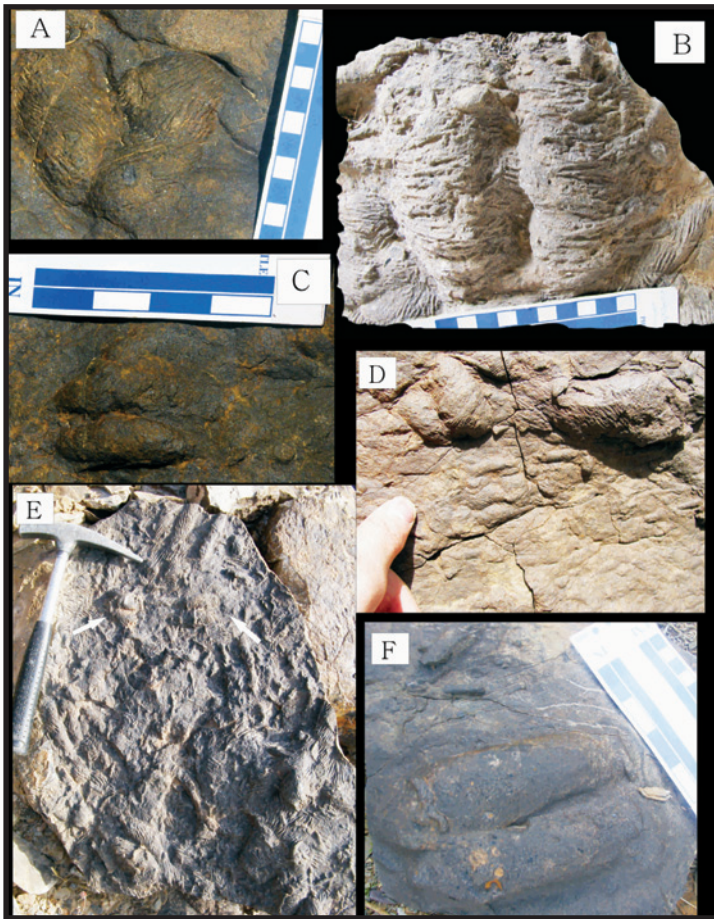
تابلوی ۲- *Cruziana goldfussi* (a) سوی حرکت به سمت پایین تصویر (SH457). شامل لب‌های حاصل از پاهای حرکتی دارای اثر خراش‌های عرضی با زاویه تند و پشته‌های گنبدی شکلی محدب با حاشیه‌های قائم بدون شیارهای جانبی و لب‌های حاصل از پاهای تنفسی، سوی حرکت در تصویر B از چپ به راست و در تصویر C از راست به چپ (SH207 و SH204). اثرات متعلق به واحد میانی سازند شیرگشت است.



تابلوی ۳- *Cruziana rouaulti* (a) و لب‌های حاصل از پاهای حرکتی صاف و بدون اندوپودایت با شیار میانی کم‌زرفا و اثرات شیارهای جانبی طویل با سطح صاف و بدون تزیینات در بخش خارجی و *Cruziana goldfussi* همراه با *Cruziana rouaulti* (b). اثرات متعلق به واحد میانی سازند شیرگشت است.



تابلوی ۴- *Cruziana semiplicata* (a) از واحد پایینی سازند شیرگشت، با لب‌های داخلی و خارجی و شیارهای جانبی طویل همراه با تصویر پایینی این اثر که نشان‌دهنده لب‌های حاصل از پاهای تنفسی و اثر خراش‌های موازی با شیار جانبی است، سوی حرکت از راست به چپ (SH 127) و *Cruziana yini* (b) از واحد میانی سازند شیرگشت، ساختارهای دو زائده‌ای پهن و مسطح با اثرات خراش (زاویه آنها نسبت به شیار میانی ۸۰ تا ۹۰ درجه است) بدون شیارهای جانبی و لب‌های حاصل از پاهای تنفسی در بخش خارجی پشته‌ها، سوی حرکت از چپ به راست (SH 1188).



تابلوی ۵- (A) *Rusophycus isp.* از واحد میانی سازند شیرگشت، با حاشیه‌های محدب و اثرات خراش ستر دوشاخه تا سه‌شاخه و شیار میانی عریض همراه با بازشدگی در بخش قدامی اثر. شیارهای اندوپودایت، به صورت مجموعه‌های ۵ تا ۷ خراش موازی. (SH54)، *Rusophycus isp.* از واحد میانی سازند شیرگشت، (B) *Rusophycus carbonarius* (C) (SH216) از واحد پایینی سازند شیرگشت، *Rusophycus* (D) (SH220) از واحد میانی سازند شیرگشت، *latus* (SH1130)، *Rusophycus latus* (E) از واحد پایینی سازند شیرگشت و (پیکان‌ها) همراه با *Cruziana rugosa* (SH315) و *Rusophycus moyensis* (F) از واحد پایینی سازند شیرگشت (SH195).

جدول ۱- توزیع چینه‌شناسی اثرگونه‌های مختلف کروزیانا و روزوفیکوس در مطالعات پژوهشگران مختلف از نقاط مختلف دنیا شامل: 1, Häntzchel (1962); 2, Crimes (1970a); 3, Crimes (1970b); 4, Seilacher (1970); 5, Crimes (1975); 6, Bergström (1976); 7, Baldwin (1977); 8, Fillion and Pickerill (1990); 9, Seilacher (1990); 10, Seilacher (1991); 11, Seilacher (1992); 12, Mângano et al. (1996); 13, Mângano and Buatois, (2003); 14, Knaust, (2004); 15, Mângano et al., (2005); 16, Davies et al., (2007); 17, Egenhoff et al., (2007); 18, Seilacher, (2007); 19, Gibb et al (2009); 20, Aceñolaza et al (2008); 21, Jensen et al.,(2011).

	<i>Cruziana rugosa</i>	<i>Cruziana goldfussi</i>	<i>Cruziana furcifera</i>	<i>Cruziana yini</i>	<i>Cruziana rouaulti</i>	<i>Cruziana semiplicata</i>	<i>Rusophycus latus</i>	<i>Rusophycus moyensis</i>	<i>Rusophycus carbonarius</i>
Upper Cambrian	-	-	-	-	-	4, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 18	6, 8, 12, 13,	12, 13, 15,	2, 5, 12, 13, 15
Lower Ordovician	3, 4, 6, 7, 8, 10, 13, 14, 17, 18, 20	4, 6, 7, 10, 13, 17, 18, 20	13, 14, 17, 18, 20	20	4, 8, 9, 17, 18,	2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 21	6, 8, 12, 13,	12, 13, 15,	12, 13, 15,
Middle Ordovician	11, 14, 17, 19, 20	11, 17, 19, 20	11, 17, 19, 20	20	-	-	-	-	-
Upper Ordovician	16, 17, 19	16, 17, 19	16, 17, 19	-	-	-	-	-	-

کتابنگاری

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- بایت گل، آ. و حسینی برزی، م.، ۱۳۹۰- ژئوشیمی عناصر اصلی نهشته‌های سیلیسی آواری سازند شیرگشت، بلوک کلمرد، ایران مرکزی جهت تعیین برخاستگاه زمین ساختی و هوازدگی سنگ منشأ. مجله علوم زمین. سال بیستم، شماره ۸۱ ص ۴۰-۳۳.
- بایت گل، آ.، ۱۳۸۸- محیط رسوبی، برخاستگاه و دیاژنز نهشته‌های سازند شیرگشت در دو برش کوه عاشقان و کوه راهدار، طبس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی. ۲۲۳ ص.
- بایت گل، آ.، محبوبی، ا.، حسینی برزی، م. و موسوی حرمی، ر.، ۱۳۸۹- مدل ایکنولوژیکی نهشته‌های آواری سازند شیرگشت در زیر پهنه کلمرد ایران مرکزی. مجله چینه‌نگاری و رسوب دانشگاه اصفهان. ص ۶۸-۴۳.
- حسینی برزی، م. و بایت گل، آ.، ۱۳۸۹- تحلیل رخساره‌ای و محیط رسوبی نهشته‌های سیلیسی آواری-کربناته سازند شیرگشت در بلوک کلمرد ایران مرکزی. رخساره‌های رسوبی. جلد ۲، شماره ۱. ص ۱-۲۴.
- قادری، ع.، آقاباتی، ع.، حمدی، ب. و سعیدی، ع.، ۱۳۸۶- زیست‌چینه‌نگاری سازند شیرگشت در کوه‌های کلمرد واقع در جنوب باختری طبس بر اساس کنودونت‌ها. مجله علوم زمین. سال هجدم، شماره ۷۰. ص ۲۸-۳۱.

References

- Aceñolaza, F. G., Sà, A. A. & Gutiérrez-Marco, J. C., 2008- Cruziana yini Yang, a Peri-Gondwanan trilobite trace with new records in the Ordovician of South America and Iberia. Rabano, R. Gonzalo and D.C. Garcia-Bellido (eds). Advances in Trilobite Research. Cuadernos del Museo Geominero. Special Issue. N 9. 19-26 P.
- Aceñolaza, G. F. & Milana, J. P., 2005- Remarkable *Cruziana* beds in the Lower Ordovician of the Cordillera Oriental, NW Argentina. *Ameghiniana*, 42 (3), 633-637.
- Baldwin, C. T., 1977- The stratigraphy and facies associations of trace fossils in some Cambrian and Ordovician rocks of north western Spain. *Geological Journal*, Special Issue, 9, 9-41.
- Bassett, M. G., Dastanpour, M. & Popov, L., 1999- New data on Ordovician fauna and stratigraphy of the Kerman and Tabas regions, east-central Iran. *Acta Univ. Carolinae, Geol.*, 43, 483-486.
- Bergström, J., 1976- Lower Palaeozoic trace fossils from eastern Newfoundland. *Canadian Journal of Earth Sciences* 13: 1613-1633.
- Crimes, T. P., 1970a- Trilobite tracks and other trace fossils from the Upper Cambrian of North Wales. *Geological Journal* 7: 47-68.
- Crimes, T. P., 1970b- The significance of trace fossils in sedimentology, stratigraphy and palaeoecology with examples from Lower Palaeozoic strata. In Crimes T.P., Harper J.C. (eds) *Trace Fossils*, Geological Journal Special Issue 3: 101-126.
- Crimes, T. P., 1975- Trilobite traces from the Lower Tremadoc of Tortworth. *Geological Magazine* 112, 33-46.
- Crimes, T. P., 1987- Trace fossils and correlation of Precambrian- Early Cambrian strata. *Geological Magazine* 124, 97-119.
- Crimes, T. P., 1992- Changes in the trace fossil biota across the Proterozoic-Phanerozoic boundary. *Journal of the Geological Society (London)* 149, 637-646.
- D'orbigny, A., 1842- Voyage dans l'Amérique méridionale (le Brésil, la République argentine, le Patagonia, Le République de Chile, le République de Bolivie, Le République de Perou) executé pendant les anee 1826-1833, 3 (Paleontologie), Paris, 188 p.
- Davies, N. S., Ivan, J. S., Guillermo, L. A. & Ricardo, C., 2007- Ichnology, palaeoecology and taphonomy of a Gondwanan early vertebrate habitat: Insights from the Ordovician Anzaldo Formation, Bolivia. *Palaeoecology* 249 18-35.
- Dawson, J. W., 1864.- On the fossils of the genus *Rusophycus*. *Canadian Naturalist and Geologist*, New Series 1: 363-367.
- Droser, M. L., Gehling, J. G. & Jensen, S., 1999- When the worm turned: concordance of Early Cambrian ichnofabric and trace-fossil record in siliciclastic rocks of South Australia. *Geology*, 27, 625-628.
- Egenhoff, S., Webber, B., Lehnert, O. & Maletz, J., 2007- Biostratigraphic precision of the *Cruziana rugosa* group: a study from the Ordovician succession of southern and central Bolivia. *Geological Magazine*, 144 (2), 289-303.
- Fillion, D. & Pickerill, R. K., 1990- Ichnology of the Upper Cambrian? to Lower Ordovician Bell Island and Wabana groups of eastern Newfoundland, Canada. *Palaeontographica Canadiana* 7, 1-119.
- Ghobadi Pour, M., Williams, M., Vannier, J., Meidla, T. & Popov, E., 2006- Ordovician ostracods from east central Iran. *Acta Palaeontologica Polonica* 51 (3): 551-560.
- Gibb, S., Chatterton, B. D. E. & Pemberton, S. G., 2009- Arthropod ichnofossils from the Ordovician Stairway Sandstone of central Australia. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists* 37, 695-716.
- Hall, J., 1852- Palaeontology of New York, Volume 2. Containing descriptions of the organic remains of the Lower Division of the New York System (equivalent in part to the Lower Silurian rocks of Europe). C. van Benthuyzen, 362 pp.
- Hamedi, M. A., Wright, A. J., Aldridge, R. J., Boucot, A. J., Bruton, D. L., Chatterton, B. D. E., Jones, P., Nicoll, R. S., Rickards, R. B. & Ross,

- J. R. P., 1997- Cambrian to Silurian of East-Central Iran: new biostratigraphic and biogeographic data. *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie, Monatshefte* 7, 412–424.
- Häntzchel, W., 1962- Trace fossils and problematica. In *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W*, Moore R (ed.). Geological Society of America and University of Kansas Press; W177–W245.
- Häntzchel, W., 1975- Trace Fossils and Problematica. 1-269 in Teichert, C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W, Miscellanea, Supplement 1*. Geological Society of America, Boulder and University of Kansas, Lawrence 269 p.
- Jensen, S., Bogolepova, O. K. & Gubanov, A. P., 2011- *Cruziana semiplicata* from the Furongian (Late Cambrian) of Severnaya Zemlya Archipelago, Arctic Russia, with a review of the spatial and temporal distribution of this ichnospecies. *Geol. J.* 46; 26-33.
- Jensen, S., Saylor, B. Z., Gehling, J. G. & Germs, G. J. B., 2000- Complex trace fossils from the terminal Proterozoic of Namibia. *Geology*, 28, 143–146.
- Knaust, D., 2004- Cambro-Ordovician trace fossils from the SW–Norwegian Caledonides. *Geological Journal*, 39, 1-24.
- Lebesconte, M. P., 1883- Les *Cruziana* et *Rusophycus* connus sous le nom général de bilobites sont-ils des végétaux ou des traces d'animaux. In (ed. M. P. Lebesconte), *Oevres posthumes de Marie Rouault*. pp. 61–73. Rennes.
- Mángano, M. G. & Buatois, L. A., 2003- Trace fossils. In: Benedetto, J.L. (ed.), *Ordovician Fossils of Argentina*, Universidad Nacional de Córdoba, Secretaría de Ciencia y Tecnología; 507–553.
- Mángano, M. G., Buatois, L. A. & Aceñolaza, G. F., 1996- Trace fossils and sedimentary facies from a Late Cambrian–Early Ordovician tide-dominated shelf (Santa Rosita Formation, northwest Argentina): implications for ichnofacies models of shallow marine successions. *Ichnos* 5, 52–88.
- Mángano, M. G., Buatois, L. A. & Moya, M. C., 2001- Trazas fósiles de trilobites de la Formación Mojotoro (Ordovícico inferior-medio de Salta, Argentina): implicancias paleoecológicas, paleobiológicas y bioestratigráficas. *Revista Española de Paleontología*, 16 (1), 9-28.
- Mángano, M. G., Buatois, L. A. & Muniz-Guinea, F., 2002- *Rusophycus moyensis* n. isp. en la transición cambrica-tremadociana del noroeste argentino: implicancias paleoambientales y bioestratigráficas. *Revista Brasileira de Paleontologia* 4: 35-44.
- Mángano, M. G., Buatois, L. A. & Muñiz-Guinea, F., 2005- Ichnology of the Alfarcito Member (Santa Rosita Formation) of northwestern Argentina: animal-substrate interactions in a lower Paleozoic wave-dominated shallow sea. *Ameghiniana, Rev. Asoc. Paleontol. Argent.* - 42 (4): 641-668.
- Mehrjerdi, H., 2001- Palynostratigraphy and palaeobiogeography of a Lower Palaeozoic sequence in the type-section of Shirgesht Formation, northern Tabas City, East-Central Iran. – Iran. *Int. J. Sci.*, 2, 129-149.
- Pillet, J., 1973- Sur quelques trilobites ordoviciens d'Iran oriental. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 93, 33-38.
- Rouault, M., 1850- Note préliminaire sur une nouvelle formation découverte dans le terrain silurien inférieur de la Bretagne. *Bulletin de la Société Géologique de France* [2] 7, 724-744.
- Salter, J. W., 1853- On the lowest fossiliferous beds of North Wales. Report of the British Association for the Advancement of Science (Belfast) for 185-7. *Geology and Physical Geography section*, 56-58.
- Seilacher, A. & Crimes, T. P., 1969- "European" species of trilobite burrows in eastern Newfoundland. In: Kay, M. (ed) *North Atlantic Geology and Continental drift, Memoir of the American Association of Petroleum Geologists* 12, 145–148.
- Seilacher, A., 1970- *Cruziana* stratigraphy of 'non-fossiliferous' Palaeozoic sandstone. In: Crimes, T.P., Harper, J.C. (eds), *Trace Fossils, Geological Journal Special Issue*, 3, 447–476.
- Seilacher, A., 1985- Trilobite palaeobiology and substrate relationships. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 76: 231–237.
- Seilacher, A., 1990- Paleozoic trace fossils. In: R. Said (ed.), *The Geology of Egypt*. A.A. Balkema, Rotterdam. 649–670.
- Seilacher, A., 1991- An updated *Cruziana* stratigraphy of Gondwanan Palaeozoic sandstones. In *The Geology of Libya* 4, Salem MJ (ed.). Elsevier: Amsterdam; 1565–1581.
- Seilacher, A., 1992- An updated *Cruziana* stratigraphy of Gondwanan Palaeozoic sandstones. In: Salem, M.J., Hammuda, O.S and Eliagoubi, B.A. (ed.), *The Geology of Libya, Vol. 5*, Elsevier: Amsterdam, New York; 1565–1580.
- Seilacher, A., 1994- How valid is *Cruziana* stratigraphy? *Geologische Rundschau* 83, 752–758.
- Seilacher, A., 2007- *Trace Fossil Analysis*. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg.
- Seildier, A., 1967- Bathypetry of trace fossils. *Marine Geology* 5, 413- 43s.
- Webby, B. D., 1983- Lower Ordovician arthropod trace fossils from Western New South Wales. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales* 107, 59-74.
- Yang, S. & Fu, S., 1985- Lower Ordovician Trace Fossil community *Cruziana* from Wadins Yunnan and its stratigraphical and geographical distribution. *Scientia Geologica Sinica*. 1 (1), 43-54 (in Chinese).