نشریه علمی ـ پژوهشی رخساره‌های رسوبی
بهار و تابستان ۱۳۹۱، ۵ (۱): ۴۶- ۶۰

Sedimentary Facies
Spring & Summer 2012, 5 (1): 46-60

اثرفسیلهای قاره‌ای در رسوبات الیگوسن پهنه بینالود، شمال نیشابور

داود دهنوی[۱]، محمد حسین محمودی قرائی[۲*]، رضا موسوی حرمی[۳]، فرزین قائمی[۳]

۱ـ کارشناس ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲ـ استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳ـ استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*پست الکترونیک: gharaie2000@ yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۱۴ **تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۳۰**

چکیده

اثرفسیلهای قاره‌ای در نهشته‌های الیگوسن واقع در پهنه بینالود همراه با رخساره سنگی در دو برش دامنجان و طاغان واقع در شمال شهر نیشابور مورد مطالعه قرار گرفتند. اثرفسیلهای شناسایی شده شامل *Scoyenia* isp., *Steinichnus* isp., *Taenidium Arenicolites* isp., *Cochlichnus* isp., Root trace., J–shaped burrows., Horizontal U-shaped burrows., *barretti*. می‌باشند. این اثرفسیلها مربوط به اثر رخساره اسکوینیا بوده و فقط در لایه‌های ماسه سنگی گسترش دارند. مطالعه محیط رسوبی بر پایه داده‌های رسوب شناختی و رخساره‌ای و همچنین نوع و فراوانی اثرفسیلها در رسوبات مورد مطالعه، نشان دهنده تشکیل این رسوبات دریک محیط رودخانه‌ای (کانال و حاشیه کانال) است.

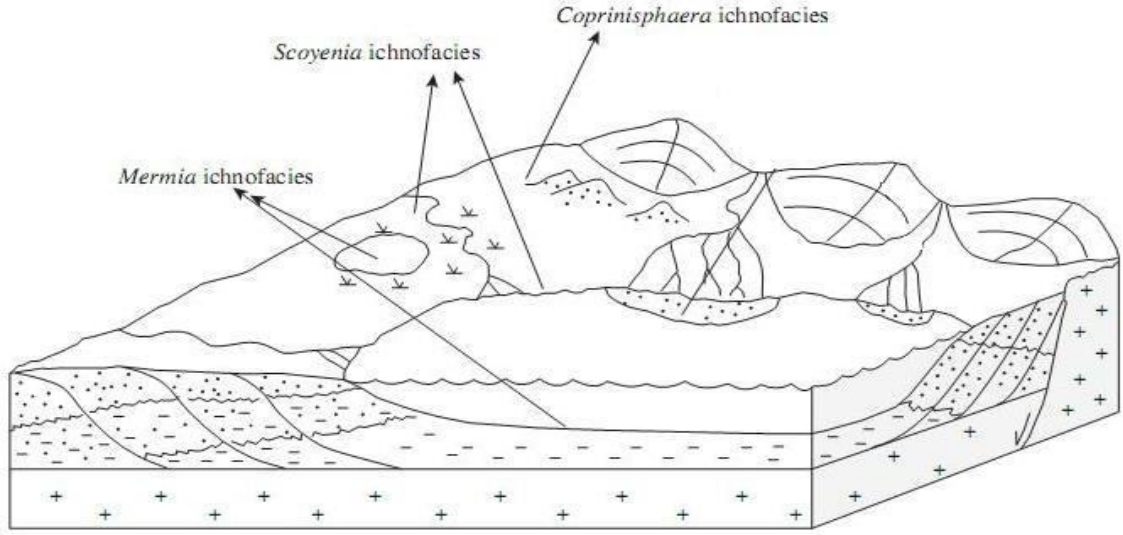
واژه‌های کلیدی: الیگوسن، اثرفسیل، زون بینالود، سیستم رودخانه‌ای.

مقدمه

ساختهای زیست زادی در محیطهای رسوب‌گذاری بر اساس نیازهای فیزیولوژیکی سازنده‌های آنها از قبیل، دامنه تغییرات سطح آب، رطوبت خاک، درجه شوری و ارتباطات با سایر جانداران، گسترش می‌یابند (Hasiatis & Bown, 1992). جانداران خاکی و آبهای شیرین دارای نیازهای متفاوتی از جمله میزان آب، سطح رطوبت خاک، پایداری لایه در قسمت سطحی، تمرکز یونها و درجه شوری هستند. جانداران قاره‌ای ممکن است در محیطهای خاکی ـ آبی (محدوده خطوط ساحلی)، آبهای شیرین(دریاچه‌ها، رودخانه‌ها)، آبهای شور، آبهای لب شور (پلایاها)، آبهای الکالی (دریاچه‌های با مقدار تبخیر بالا) یافت شوند. اثررخساره‌های (Ichnofacies) قاره‌ای براساس ویژگیهای محیطی به سه دسته *Scoyenia, Mermia*, *Coprinisphaera* تقسیم شده اند (Miller, 2007) (شکل ۱).

اثر رخساره اسکوینیا مشخصه مناطق کم انرژی قاره‌ای بوده و مربوط به مناطق سطحی لایه‌هاست (Buatois & Mangano, 2004) . این اثر رخساره بیشتر مربوط به مناطقی است که به طور دوره‌ای از آب پوشیده شده و شامل حاشیه دریاچه‌ها، حاشیه کانال رودخانه‌ها، مناطق خارج کانالی،

پهنه‌های سیلابی و مناطق بین دونها می‌شود (Smith, 1993). اثر رخساره اسکوینیا متشکل از اثرهای افقی و پرشده حاصل از فعالیتهای تغذیه‌ای جانداران (برای مثال *Scoyenia*، *Beaconite*، *Taenidium* و *Planolites*)، حرکتی شامل شیارها و ردها (*Umfolozia*، *Hexapodichnus*، *Acripes*، *Cochlichnus*)، اثر باله ماهیها (*Undichna*)، آثار لانه‌های عمودی (*Cylindricum*، *Skolithos*، *Camborygma* و *Macanopsis*)، لانه‌های با ساختارهای افقی (*Palaeophycus*)، آثار مهرداران و آثار ریشه گیاهان است (Miller, 2007).



شکل۱: موقعیت قرار گیری ایکنو فاسیسها در محیطهای قاره‌ای، (توسط Buatois & Mángano (2004) در نوشته به نقل از Miller (2007).

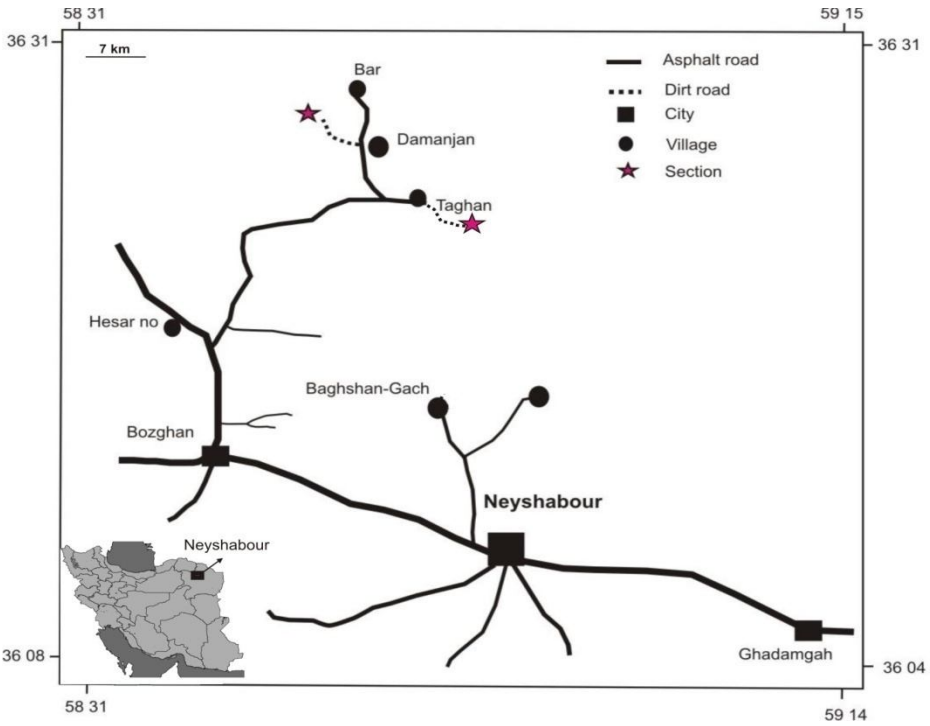
اثر رخساره Mermia برای آبهای شیرین در شرایط کم انرژی و دائماً زیرآب، با پایداری بالای محیط پیشنهاد شده است (Miller, 2007) (شکل۱). این محیطها بالاترین استعداد را برای حفظ اثر فسیل نسبت به همه محیطهای قاره‌ای دارند (Buatois & Mangano, 2004). زیرمحیطهای نسبت داده شده به اثر رخساره Mermia به طور غالب توسط آثار چرشی (Graizing) افقی و مایل (برای مثال *Mermia, Cochlichnus*)، تغذیه‌ای (برای مثال *Treptichnus* و *Circulichnus*)، حرکتی (برای مثال *Undichna* و *Maculichna*) و به مقدار کمتر آثار حاصل از ماهیها، دوزیستان، خزندگان و حتی پستانداران مشخص می‌شود (Miller, 2007).

اثر رخساره *Coprinisphaera* برای اجتماعاتی که دائماً در قسمت سطحی خاک و خارج از آب وجود دارند ارائه شده است (Genise *et al.*, 2000)(شکل۱). اثرفسیلهای غالب در این اثر رخساره شامل آثار باقی مانده از زنبورها، مورچه ها، خرچنگها و موریانه‌هاست (Miller, 2007).

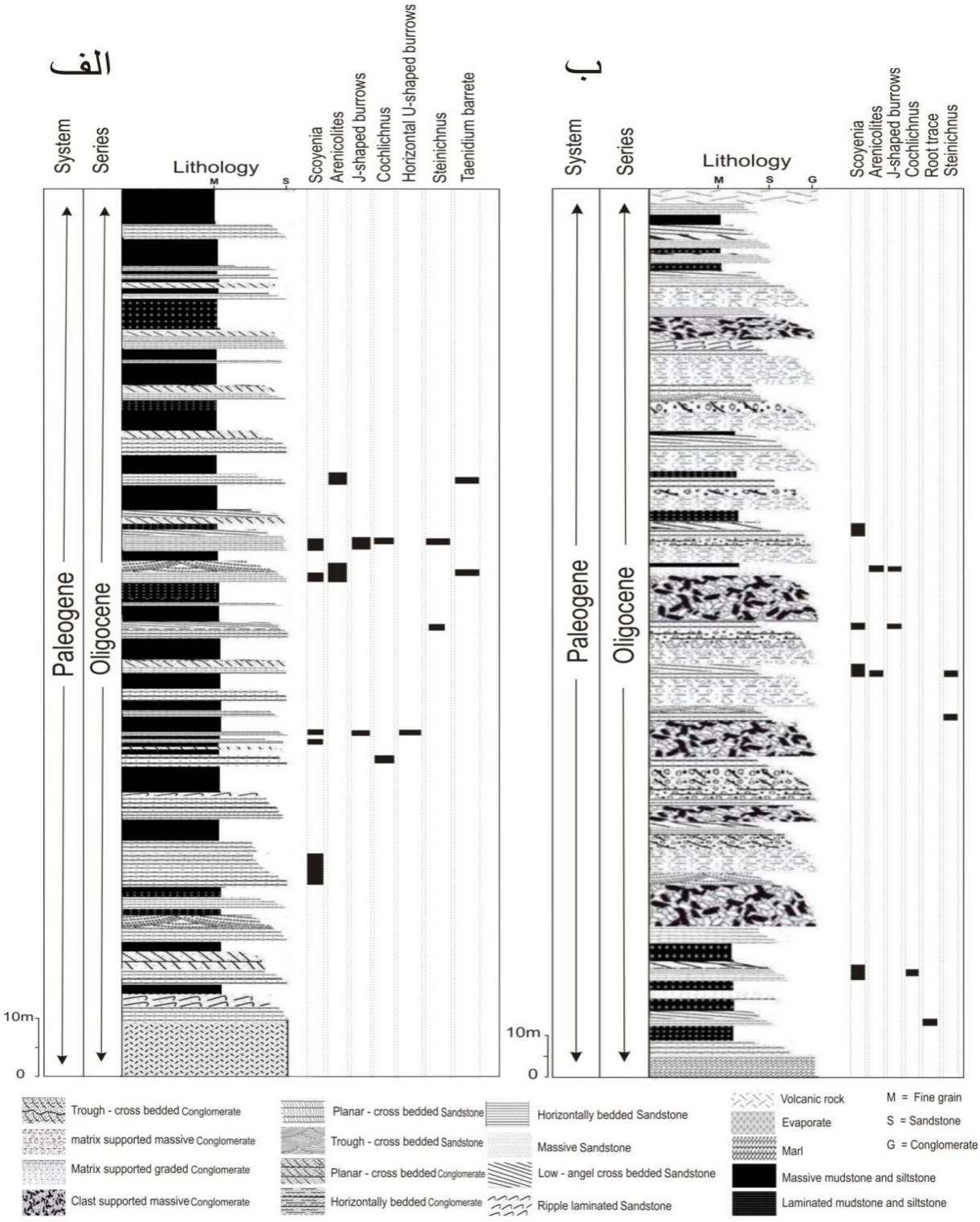
با توجه به این که اثرفسیلها از ساختارهای بر جا در محیطهای رسوبی به شمار می‌آیند و در تفسیر محیط دیرینه از اهمیتی ویژه برخوردارند، در این مطالعه اثرفسیلهای موجود در نهشته‌های الیگوسن زون بینالود در دو برش طاغان و دامنجان واقع در شمال نیشابور شناسایی شده و مورد مطالعه قرار گرفته و از آنها در تفسیر محیط تشکیل این نهشته‌ها استفاده شده است.

زمین شناسی منطقه

رشته کوه بینالود سلسله جبالی سینوسی شکل با روند خاوری ـ باختری و با کمان به سمت شمال خاوری ایران است. این رشته کوه ادامه خاوری سلسله جبال البرز بوده و از نظر موقعیت تکتونیکی در لبه شمال خرد قاره ایران قرار گفته است. ساختار کنونی این سلسله جبال را صفحات رورانده مختلف تشکیل می‌دهند (Alavi, 1992). این رشته کوه به دنبال تصادم، میان ورقه ایران و ورقه توران در تریاس پسین، در حاشیه شمال شرقی ایران و عمدتاً از سنگهای پالئوزوییک زیرین، ژوراسیک، کرتاسه و سنوزوییک تشکیل شده است (Alavi, 1992). با توجه به پس‌روی سطح آبهای جهانی در ابتدای الیگوسن (Haq *et al.*, 1987)، نهشته‌های الیگوسن زون بینالود نیز در محیطهای قاره‌ای تشکیل شده‌اند (دهنوی و همکاران، ۱۳۸۹). این نهشته‌ها به علت تکتونیک فعال منطقه (شفیعی و همکاران، ۱۳۸۸) دارای برون زدهای کامل کمی در پهنه بینالود هستند. با توجه به مطالعات انجام شده، دو برش در مناطق دامنجان و طاغان در پهنه بینالود، واقع در شمال نیشابور که دارای رخنمون نسبتاً کاملی هستند انتخاب گردید و مورد مطالعه قرار گرفت (شکل۲). این نهشته‌ها در برش دامنجان متشکل از کنگلومرا، ماسه سنگ، سیلت سنگ و شیل با ضخامت تقریبی ۲۰۵ متر و در برش طاغان متشکل از ماسه سنگ، سیلت سنگ و شیل به ضخامت ۱۵۰ متر بوده و فاقد کنگلومرا می‌باشد (شکل۳). در هر دو برش مرز زیرین به صورت فرسایشی با رسوبات مارنی ائوسن بوده و به دلیلی قرار گیری در مرکز ناودیس و تکرار لایه‌ها (همراه با تغییر جهت شیب) مرز بالایی قابل مشاهده نیست.



شکل۲: راههای دسترسی به برشهای چینه شناسی مورد مطالعه در پهنه بینالود واقع در شمال نیشابور



شکل۳: ستون چینه شناسی نهشته‌های الیگوسن در دو برش مورد مطالعه به همراه اثرفسیلهای مشاهده شده؛ الف) برش طاغان، ب) برش دامنجان

روش مطالعه

در این مطالعه جهت شناسایی اثرفسیلهای نهشته‌های الیگوسن، با توجه به برون زد کم این نهشته‌ها در پهنه بینالود، ابتدا دو برش چینه شناسی از این نهشته‌ها با تکیه بر این که دارای حداکثر ضخامت و حداقل دارای یک مرز مشخص باشد، انتخاب گردید؛ سپس اثرفسیلهای موجود در

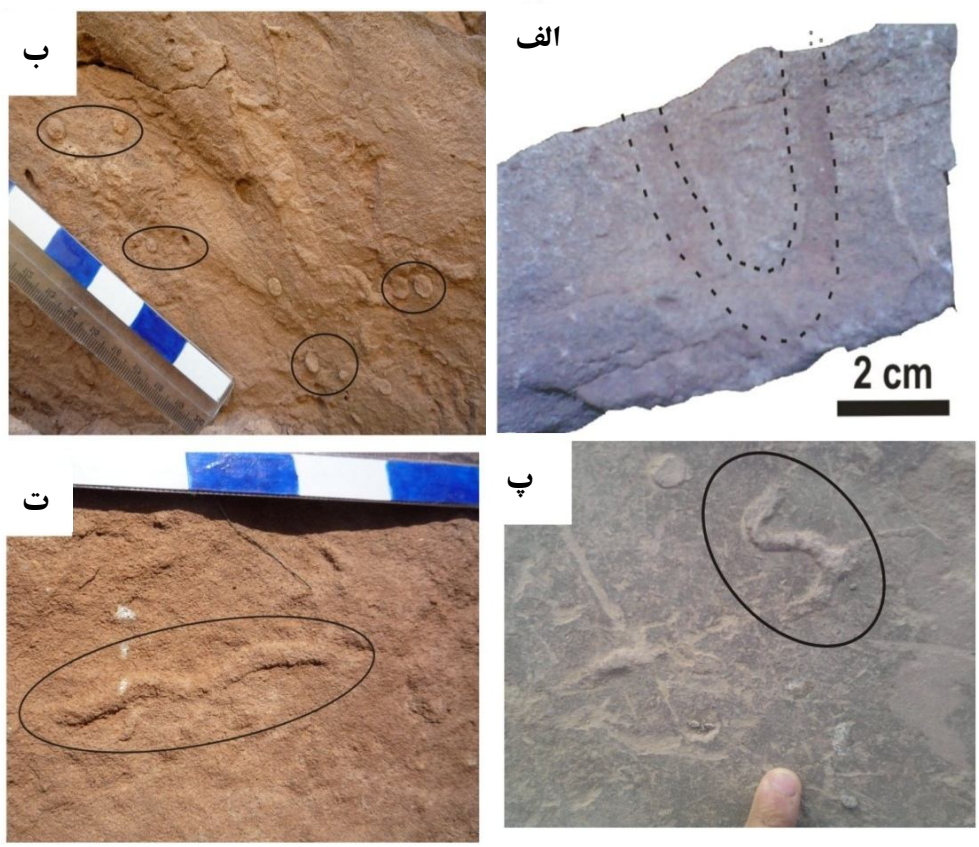
این توالیها از نظر ریخت شناسی، میزان گسترش در طول توالی و رخساره‌های همراهشان مورد مطالعه قرار گرفتند. پس از شناسایی اثرفسیلها، از آنها بر اساس اطلاعات موجود برای تفسیر محیط تشکیل دیرینه این نهشته‌ها استفاده شد.

گسترش محیطی آثار فسیلی

نهشته‌های الیگوسن پهنه بینالود (در برشهای مورد مطالعه) را می‌توان بر اساس اندازه ذرات تشکیل دهنده به سه دسته شامل، ذرات دانه ریز (سیلت سنگ و شیل)، دانه متوسط (ماسه سنگ) ودانه درشت (کنگلومرا) تقسیم کرد که از نظر فراوانی و گسترش اثرفسیل در آنها، با یکدیگر متفاوتند. در این رسوبات تمامی اثرفسیلهای مشاهده شده مربوط به لایه‌های دانه متوسط (ماسه سنگی) بوده و در لایه‌های دانه ریز(سیلت سنگ و شیل) و دانه درشت(کنگلومرایی) اثرفسیلی یافت نشد. عوامل مختلفی برروی گسترش محیطی اثرفسیلها در لایه‌ها تأثیر می‌گذارند که از این میان می‌توان به میزان رسوب‌گذاری در زمان تشکیل، نفوذ پذیری، پایداری بستر و میزان فراوانی مواد غذایی اشاره کرد (Maceachern *et al.*, 2007). اندازه ذرات از عوامل اصلی کنترل کننده پراکندگی اثرفسیلها در محیطهای رسوبی است، به این صورت که با افزایش اندازه ذرات، میزان اکسیژن محیط و نفوذ پذیری افزایش می‌یابد ولی محتوای موادغذایی که با TOC (Total organic-carbon) مشخص می‌شود، کاهش می‌یابد (Dashtgard *et al.*, 2008). اثرفسیلها در رسوبات گراولی فقط در ماتریکس بین ذرات گسترش می‌یابند و به همین دلیل فضای لازم برای زیست جانوران اندک است، همچنین میزان محتوای TOC نیز در کنگلومراها نسبت به شیلها و ماسه سنگها کمتر است (Dashtgard *et al.*, 2008) که می‌تواند دلیلی قابل قبول برای عدم گسترش اثرفسیلها در نهشته‌های کنگلومرایی باشد. در ذرات دانه ریز (سیلت سنگ و شیل)، میزان اکسیژن و نفوذ پذیری مناسب بوده و دارای مواد غذایی فراوانی هستند، ولی نا پایداری بستر در این رسوبات، باعث گسترش کم اثرفسیلها در این رخساره‌ها می‌شود (Dashtgard *et al.*, 2008). در رسوبات دانه متوسط (ماسه سنگها)، به علت فراهم بودن تمامی شرایط زیستی شامل میزان اکسیژن، نفوذ پذیری، فراوانی مواد غذایی و پایداری بستر در این رسوبات، اثرفسیلها به خوبی گسترش پیدا می‌کنند. در مجموع اثرفسیلها در برش طاغان دارای گسترش و تنوع بیشتری نسبت به برش دامنجان می‌باشند، که این موضوع می‌تواند در ارتباط با انرژی محیط در زمان تشکیل این نهشته‌ها باشد، زیرا نبود کنگلومرا در برش طاغان (شکل۳) خود می‌تواند دلیلی بر کم انرژی بودن محیط تشکیل این نهشته‌ها نسبت به برش دامنجان باشد.

ایکنولوژی سیستماتیک

اثرفسیلها جزو ساختهای زیست زادی برجا در محیطهای رسوبی هستند و جانداران اثر ساز در محیطهای رسوبی خاص و مطلوب خود فعالیت می‌کنند. بندپایان و به ویژه حشرات و سخت پوستان در محیطهای قاره‌ای گسترش زیادی دارند و به علت وابستگی زیاد آنها به ویژگیهای محیطی، می‌توان از آثار باقی مانده از فعالیت آنها در رسوبات به عنوان شاهدی با ارزش در مطالعه محیطهای رسوبی و دیرین بوم شناسی استفاده کرد (Hasiotis, 1997). بر همین اساس، در زیر به تشریح اثر فسیلهای شناسایی شده در نهشته‌های الیگوسن پهنه بینالود در دو برش طاغان و دامنجان، به ترتیب حروف الفبا می‌پردازیم؛ سپس با توجه به داده‌های رسوب شناختی و همچنین نوع و فراوانی اثرفسیلها به تفسیر محیط دیرینه این نهشته‌ها خواهیم پرداخت.



شکل ۴: تصاویر صحرایی اثر فسیل شناسایی شده در نهشتههای الیگوسن؛ الف وب) تصاویر *Arenicolites* isp. *در برش عمودی (الف) و برش طولی (ب)* در مناطق مورد مطالعه است؛ پ وت) تصاویر *Cochlichnus* isp که به صورت سینوسی شکل در سطح لایه دیده میشود. (هر نشانه تیره رنگ بر روی مقیاس، ۲cm است).

Ichnogenus ***Arenicolites*** Salter, 1857
Ichnospecies ***Arenicolites*** isp.
(شکل ۴- الف و ب)

توصیف: این اثرفسیل در برشهای مورد مطالعه به صورت اشکال ساده U شکل قائم و بدون تزیین هستند (شکل۳الف). دارای طول تا ۱۰ سانتی متر و قطر لوله ۰/۳ تا ۱ سانتیمتر بوده و فاصله لولهها در برش عرضی بین ۲تا۴ سانتیمتر است. درسطح بالایی لایهها به صورت دو دایره جفت با قطرهای متفاوت دیده میشود (شکل۳ب) که در درون رسوب، توسط دهلیز لولهای U شکل به هم وصل شدهاند. حفره در این اثرفسیل توسط ماسههای ریز دانه تر نسبت به لایه میزبان پر شده و قابل تفکیک از رسوبات دانه درشت اطراف است. در بیشتر مواقع این ساخت به صورت کامل دیده نمیشود و حالت U شکل مشخص نیست و میتواند به این علت باشد که معمولاً بعد از این که حفره توسط جانور ترک میشود، حفره متروکه شده و پس از مدتی فرو میریزد (Hasiotis, 2004). در بیشتر موارد فاصله بین حفرات به صورت فرورفتگی است.

تفسیر: این اثرفسیل در محیطهای غیر دریایی جزو حفرات ایجاد شده توسط لارو حشرات دوبال، از جمله پشهها (*Chironomids*) و دیگر لاروهای حشرات یک روزه میباشد (Hasiotis, 2004) (جدول۱). این حفرات برای تهیه غذا، استراحت و پناهگاه حشرات استفاده میشود. حفرات این حشرات در آبهای شیرین به ویژه محیطهای کم انرژی درآبهای دائمی و یا موقتی شامل مناطق رودخانهای و پهنههای سیلابی و دریاچهها تشکیل میشوند (Hasiotis, 2004). در مجموع این حفرات نشان دهنده

مقدار بالای رطوبت و بالا بودن سطح ایستابی هستند. موجودات سازنده این اثر از نظر آب و هوایی در مناطق استوایی تا معتدل و سرد دارای گسترش می‌باشند، ولی بیشترین فراوانی آنها مربوط به مناطق نیمه استوایی تا استوایی است (Hasiotis, 2004). در نهشته‌های الیگوسن، اثر فسیلی *Arenicolites* در هر دو برش مورد مطالعه، در قسمت میانی توالیها همراه با رخساره‌های ماسه سنگی دانه درشت و دارای طبقه بندی افقی (شکل۳) و ریپل مارکهای نامتقارن دیده می‌شود. با توجه به محیط تشکیل رخسارهٔ در بر گیرنده (رخساره ماسه سنگی دارای طبقه بندی افقی) که مربوط به قسمتهای بالایی پشته‌های کانالی و داخل کانال است (Khalifa & Catuneanu, 2008)، محیط تشکیل آن را در برش مورد مطالعه می‌توان کانال و حاشیه کانال در محیطهای رودخانه‌ای در نظر گرفت.

Ichnogenus ***Cochlichnus*** Hitchcock 1858
Ichnospecies ***Cochlichnus*** isp.
(شکل۴ پ و ت)

توصیف: این اثرفسیل در برشهای چینه شناسی مورد مطالعه به صورت اشکال ساده افقی، منظم و خمیده به صورت سینوسی در سطح لایه‌های ماسه سنگی دیده می‌شود. دامنه تغییرات قطر آنها از ۰/۱ تا ۰/۳ سانتی‌متر و طولشان تا ۳۰ سانتی‌متر هم می‌رسد (شکل۴ پ و ت). معمولاً همراه با اثرفسیل *Arenicolites* یافت شد.

تفسیر: انواع مختلفی از جانوران می‌توانند این آثار را بسازند، ولی اغلب اوقات این اثر با اثرفسیل *Haplotichnus* isp. که به صورت نامنظم، خمیده و بعضی مواقع حلقوی شکل است، اشتباه گرفته می‌شود (Hasiotis, 2006). این اثر توسط کرمهای حلقوی آبزی تشکیل می‌شود و اغلب در مناطق رودخانه‌ای (کانال، پهنه‌های سیلابی)، تالابها و دریاچه‌ها (سواحل کم عمق) گسترش دارد (Hasiotis & Bown, 1992) (جدول۱). این اثر فسیل در سطح مشترک آب و رسوب و با عمق آب کمتر از ۱ میلی‌متر در سطح رسوب ایجاد می‌شود (Hasiotis, 2006). از نظر آب و هوایی این اثر فسیل درمناطق معتدل و استوایی بیشتر یافت می شود و در مناطق سرد گسترش کمتری دارد (Hasiotis, 2006). این اثر فسیل در هر دو برش مورد مطالعه و در قسمت سطحی لایه‌های ماسه سنگی نازک لایه با اندازه ذرات متوسط تا ریز دانه و دارای طبقه بندی افقی دیده می‌شود (شکل۳). این حفرات توسط ذرات ریزتر پر شده‌اند و از لایه میزبان کاملاً قابل تشخیص می‌باشند. با توجه به محیط تشکیل رخساره ماسه‌سنگی داری طبقه بندی افقی (Miall, 2006)، تشکیل آن را می‌توان به بخشهای کانالی و حاشیه کانالی در سیستمهای رودخانه‌ای نسبت داد.

Ichnogenus ***Scoyenia*** White 1929
Ichnospecies ***Scoyenia*** isp.
(شکل ۵- الف و ب)

توصیف: این اثرفسیل در برشهای مورد مطالعه به صورت حفرات عمودی، سیلندری و طناب مانند، با قطرهای متغیّر از ۰/۲ تا ۱ سانتی‌متر و طول تا ۱۵ سانتی‌متر دیده شد (شکلهای ۵ الف و ب). بخشهای بالایی این حفرات ممکن است مایل بوده، اما در چند سانتی‌متری زیر سطح به صورت عمودی درآیند. تعداد کمی از حفرات در اعماق ۴ تا ۸ سانتی‌متر به صورت شاخه‌ای در آمده که می‌تواند به علت قطع کردن دیگر حفرات باشد.

تفسیر: این اثرفسیل نشان دهنده فعالیت تغذیه‌ای لارو حشرات، احتمالاً سوسکها (Coleoptera) و حشرات دوبال (Diptera) می‌باشد (Hasiotis, 2006) (جدول۱). این اثرها در محیطهای حاشیه‌ای و محیطهای گسترده خارج کانالی و سدهای درون کانالی تشکیل شده و به محیطهای سطحی با مقدار رطوبت متوسط (۵٪ ـ ۲۵٪) نسبت داده می شود، زیرا

رسوبات دراین رطوبت به هم چسبیده و حشرات قادر به حفر آنها می باشند (Hasiotis, 2006). تراکم بالای حفرات در قسمتهای سطحی لایه‌ها نشان دهنده بالا بودن مقدار رطوبت در ابتدا و کم شدن رطوبت در طول یک دوره کوتاه است که باعث شده سازندگان اثر فسیلی حفرات عمیق تری حفر کنند (Hasiotis, 2006). در هردو برش مورد مطالعه یکی از فراوانترین آثار فسیلی مشاهده شده *Scoyenia* است که در لایه‌های ماسه سنگی متوسط لایه با اندازه ذرات متوسط تا درشت همراه با ساختهای لامیناسیون مورب مسطح و طبقه بندی افقی با میان لایه‌های گل سنگی دیده می‌شود (شکل۳). این حفاری، سطوح لایه بندیها را به طور کامل قطع کرده‌اند و توسط ذرات ریز دانه‌تر از لایه میزبان پر شده‌اند (شکل۵ الف). محیط تشکیل این اثرفسیل را با توجه به رخساره سنگی در برگیرنده آن (رخساره ماسه سنگی دارای طبقه بندی افقی و طبقه بندی مورب مسطح) می‌توان به بخشهای کانالی در سیستمهای رودخانه-ای نسبت داد (Miall, 2006).

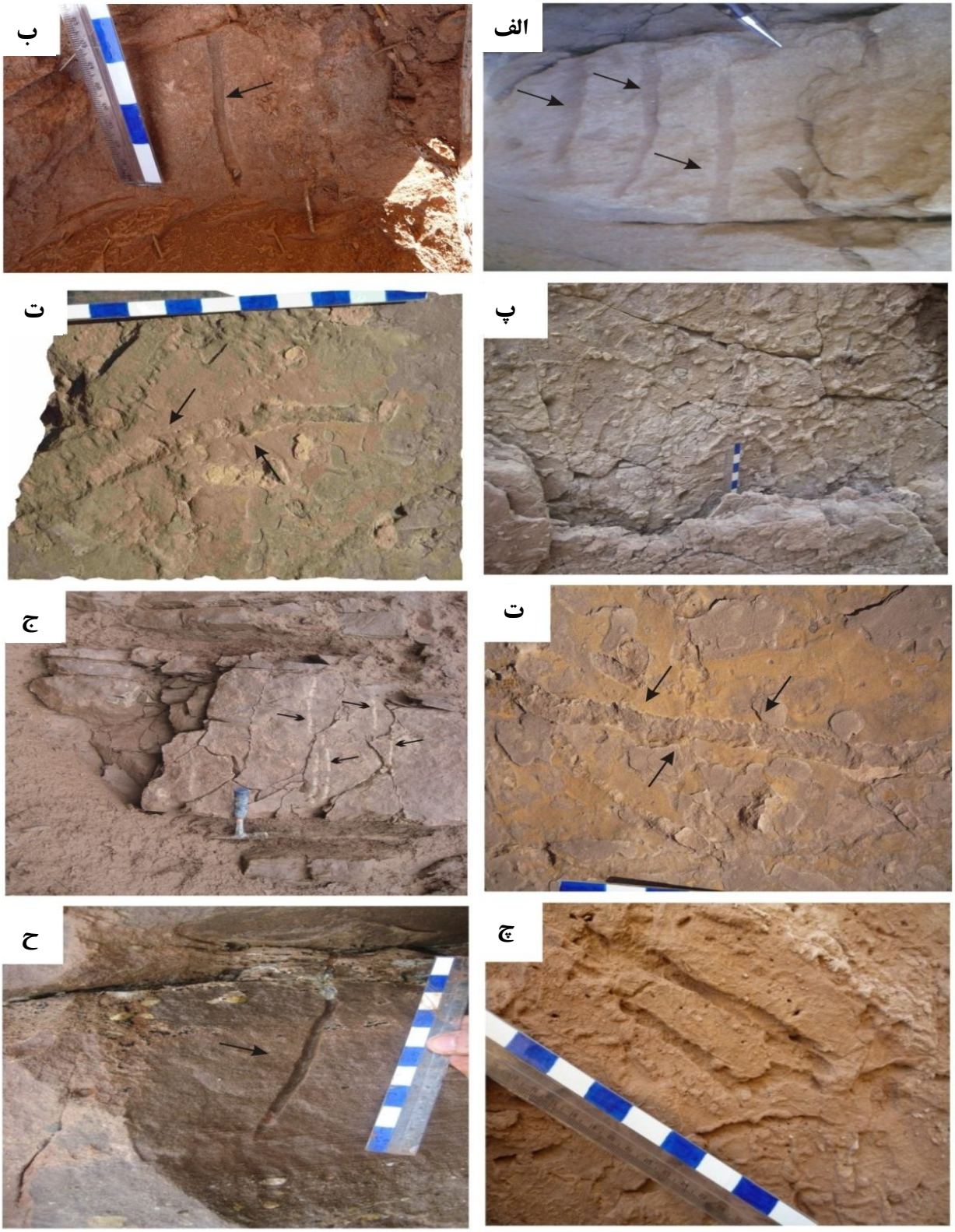
Ichnogenus ***Steinichnus*** Bromley & Asgaard, 1979
Ichnospecies ***Steinichnus*** isp.
(شکل ۵- پ)

توصیف: در برشهای مورد مطالعه این اثرفسیل به فرم حفرات افقی با قطر ۱ تا ۲ سانتی‌متر و طول ۳ تا ۱۰ سانتی‌متر و با اشکال مستقیم، T و Y شکل دیده می‌شود که می‌تواند در اثر قطع کردن دیگر حفرات و یا ادامه پیدا کردن حفرات قبلی تشکیل شده باشد (Bromley & Asgaard, 1979) (شکل۵ پ). در برشهای مورد مطالعه بعضی از حفرات دارای انشعاب و بعضی بدون انشعاب هستند. این اثر در میان لایه‌های ضخیم و نازک لایه ماسه سنگهای دانه ریز و سیلت‌سنگ دیده می‌شود (شکل۳).

تفسیر: وضعیت حفرات و ریخت شناسی آنها مشابه با حفرات ساخته شده توسط سوسکهای گل دوست (خانواده Heterceridae) و جیرجیرکهای سیاه (Gryllotalpidae) است (Metz, 1990) (جدول۱).

جدول۱: داده‌های اثرشناسی و رسوب شناسی در نهشته‌های الیگوسن پهنه بینالود

Trace Fossil	Lithology	Sedimentary Structure	Trace maker	Environment
***Arenicolites* isp.**	Sandstone- Coarse grain- Medium bed	Horizontal layer – Ripple mark	Worms	River (Channel margin – Channel)
***Cochlichnus* isp.**	Sandstone- Medium to Fine grain- Thin bed	Horizontal layer	Aquatic worms	River (Channel- Channel margin)- Lake
***Scoyenia* isp.**	Sandstone and Siltstone- medium grain- Medium to Coarse grain	Horizontal layer - Cross-ripple lamination	Beetles – Fly larve	River (Channel)
***Steinichnus* isp.**	Sandstone- medium to fine grain- Medium bed	Horizontal layer	Mole crickets – Beetles	River (Channel margin – Flood plain)
Taenidium barretti	Sandstone- Fine grain- Medium layer	Horizontal layer	Insect larve	River (Channel- Bar- Point bar- Flood plain)
Root trace	Sandstone- Medium - Thick bed	Horizontal layer - Mud crack	plants	River (Channel margin – out Channel)
Horizontal U-Shaped burrows	Sandstone- Medium grain- Medium bed	Horizontal layer- Cross-ripple lamination	May flies	River (Channel)
J – Shaped burrows	Sandstone- Fine to very fine grain- Medium grain	Horizontal layer – Ripple mark	Rove beetles	River (Channel - Channel margin)



شکل۵) تصاویر صحرایی از اثر فسیل شناسایی شده در نهشته‌های الیگوسن؛ الف و ب) تصاویر *Scoyenia* isp. در سطح زیرین لایه، پ) تصویر *Steinichnus* isp. در سطح زیرین لایه؛ ت و ث) تصاویر *Taenidium barretti* در سطح لایه که ساختارهای هلالی شکل آن به خوبی مشخص است. ج)تصویر آثار ریشه گیاهان که در بعضی موارد به طرف انتها حالت دوشاخه به خود می‌گیرند؛ چ) تصویر Horizontal U-shaped burrows در سطح زیرین لایه؛ ح) تصویر برش عرضی از اثر J-shaped burrows در لایه دارای طبقه بندی افقی (هرنشانه تیره رنگ بر روی مقیاس، ۲cm است).

جیرجیرکهای سیاه بیشتر حفرات بدون شاخه را می‌سازند، بنابراین به احتمال زیاد سوسکهای گل دوست سازنده‌های حفرات منشعب هستند. اثرفسیل *Steinichnus* در رسوبات اشباع شده از آب در مناطق سطحی لایه تشکیل می‌شود و بیشتر در مناطق حاشیه کانال، خارج کانال، محیطهای حاشیه‌ای و مجاور دریاچه‌ها گسترش دارد (Hasiotis, 2004). این اثر فسیل در هر دو برش مورد مطالعه در قسمتهای میانی توالی و به همراه رخساره‌های ماسه سنگی متوسط لایه و با اندازه ذرات متوسط تا ریز همراه با طبقه بندی افقی مشاهده شد (شکل۳). با توجه به محیط تشکیل رخساره در بر گیرنده این اثرفسیل (رخساره ماسه سنگی دارای طبقه بندی افقی) می‌توان محیط تشکیل این اثرفسیل را حاشیه کانال و خارج کانال در محیطهای رودخانه‌ای در نظر گرفت (Miall, 2006).

Ichnogenus ***Taenidium*** Heer, 1877
Ichnospecies ***Taenidium barretti*** (Bradshaw, 1981)
(شکل ۵- ت و ث)

توصیف : این اثر فسیلی در مناطق مورد مطالعه، به شکل سینوسی و لوله‌ای شکل بدون دیواره مشخص و دارای ساختارهای هلالی شکل در درون خود (speriten) است (شکل۵ ت و ث). هلالها نازک و به صورت منحنی با فاصله‌های متغیّر بوده و قطر آثار بین ۱ تا ۲ سانتی‌متر در نوسان است. از نظر طولی این اثر تا ۲۰ سانتی‌متر نیز دیده شد (۵ ت و ث).

تفسیر: این حفرات به وسیله لارو حشرات یا دیگر بندپایان در رسوبات قاره‌ای تشکیل می‌شود (Fernandes & Carvalho, 2006) (جدول۱). این اثرفسیل از نظر ظاهری حالت بینابینی با *Cruziana* در محیطهای دریایی و *Scoyenia* در محیطهای خشکی دارد (Fernandes & Carvalho, 2006). *Taenidium barretti* مربوط به فعالیت بی مهرگان در محیطهای خشکی ـ آبی برای تهیه غذا و حرکت در سطح لایه است. اثر جنس *Taenidium* به ساختارهای تغذیه کننده از رسوبات به وسیله جانوران کرمی شکل با الگوی پس ریزی فعال (back-filled) نسبت داده می‌شود (Fery & Howard, 1990). اثر گونه *Taenidium barretti* به طور کلی از محیطهای قاره‌ای گزارش شده است (Keighley & Pickerill, 1994)، این اثر بیشتر مربوط به محیطهای رودخانه‌ای (کانالها، سدها، پوینت بارها و پهنه‌های سیلابی) است. که البته از محیطهای دریاچه‌ای نیز گزارش شده است (Metz, 1990). این اثر در مناطق مورد مطالعه، فقط در برش طاغان و در ماسه سنگهای متوسط لایه با اندازه ذرات ریز و به همراه طبقه بندی افقی و لامیناسیونهای مورب مسطح دیده شد. برش دامنجان فاقد این اثرفسیل است (شکل۳ ب). با توجه به محیط تشکیل رخساره همراه این اثر فسیلی (رخساره ماسه سنگی دارای طبقه بندی افقی و لامیناسیون مورب مسطح) که مربوط به قسمتهای داخلی کانال است (Khalifa & Catuneanu, 2008)، محیط تشکیل این اثرفسیل را می‌توان به محیطهای کانالی و حاشیه کانالی نسبت داد.

اثر فسیلهای Horizontal U-Shaped

توصیف: این اثر فسیل در برشهای مورد مطالعه شامل لوله-های افقی و U شکل با قطر ۰/۲ تا ۱ سانتی‌متر و طول حفرات بین ۵ ـ۱۲سانتی‌متر است که در قسمت سطح زیرین لایه‌های ماسه سنگی قابل مشاهده‌اند (شکل۵ چ). فاصله بین لوله‌ها در قسمت باز کمتر یا برابر با فاصله لوله‌ها در قسمت بسته U می‌باشد. این اثر در ماسه سنگهای نازک تا متوسط لایه با اندازه ذرات متوسط و دارای لامیناسیون مورب مسطح و لامیناسیونهای افقی همراه با میان لایه‌های

سیلت‌سنگ مشاهده شد (شکل۳).

تفسیر: براساس مقایسه این اثر با آثار عهد حاضر، مشاهده می‌شود که لارو حشرات آبی نیز آثار بسیار مشابهی را می‌سازند (Hasiotis, 2004., Chamberlain, 1975). این آثار مربوط به حشرات آب دوست بوده و در کانالها در بخشهای سدی و پوینت‌بارها گسترش دارند (Hasiotis, 2004) (جدول ۱). این اثر فسیلی فقط در برش طاغان و در قسمت میانی توالی مورد مطالعه مشاهده شد و برش دامنجان فاقد این اثر فسیلی بود (شکل۳). با توجه به محیط تشکیل رخساره سنگی همراه این اثر فسیل (رخساره ماسه سنگی دارای طبقه بندی مورب مسطح و لامیناسیون افقی) می‌توان تشکیل آن را به قسمت داخلی کانال در محیطهای رودخانه-ای نسبت داد (Ghosh *et al.*, 2006).

اثرفسیلهای J – Shaped burrows

توصیف : این اثرفسیل در برشهای مورد مطالعه به صورت حفرات J شکل و دارای قطر ۰/۳ تا ۱ سانتی‌متر و طول ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر است (شکل ۵ ح). در بیشتر موارد به علت مایل بودن نسبت به سطوح چینه بندی کامل دیده نمی‌شوند. این حفرات به صورت عمودی و J شکل با تمایل کم نسبت به سطح لایه بندی دیده شده (شکل ۵ ح).

تفسیر: این اثر در هر دو برش مورد مطالعه و در قسمتهای میانی توالیها، در ماسه سنگهای متوسط لایه با اندازه ذرات ریز تا خیلی ریز و دارای طبقه بندی افقی همراه با ریپل مارکهای نامتقارن دیده شد (شکل۳). ریخت شناسی حفرات J شکل بسیار شبیه حفرات ساخته شده به وسیله سوسکهای سرگردان (*Staphylinidae Coleoptera*) بوده، اما این حفرات می‌توانند توسط دیگر حشرات از قبیل جیرجیرکها نیز ساخته شوند (Ratcliffe & Fagerstrom, 1980) (جدول۱). در نهشته‌های مورد مطالعه با توجه به رخساره ماسه سنگی در بر گیرنده این اثرفسیل که رخساره ماسه سنگی دارای طبقه بندی افقی همراه با ریپل مارک است، تشکیل این حفرات را می توان به مناطق کانال و خارج کانالی در محیط های رودخانه‌ای نسبت داد (Miall, 2006).

اثرفسیل Root trace

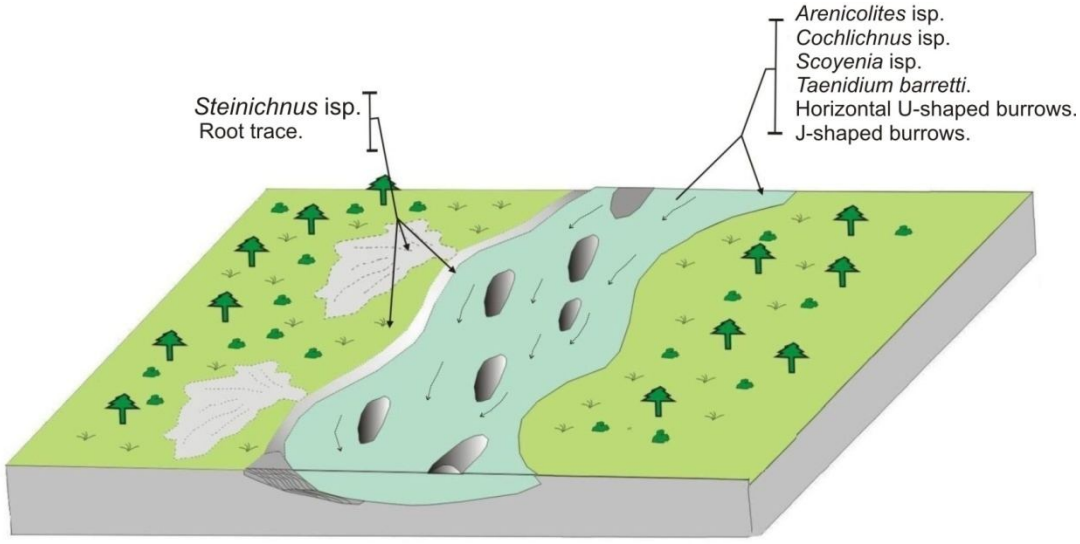
توصیف: این اثرفسیل در منطقه مورد مطالعه به صورت آثار لوله‌ای شکل که به طرف پایین از قطرشان کاسته می‌شود و در بعضی موارد در قسمت انتهایی حالت دو یا چند شاخه‌ای پیدا می کنند، مشاهده شد (شکل ۵ ج). قطر لوله‌های مشاهده شده بین ۲-۰/۵ سانتی‌متر و طولشان بین ۸۰ تا ۱۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. این اثرفسیل در ماسه‌سنگهای متوسط تا ضخیم لایه با اندازه ذرات ریز تا متوسط، همراه با ساخت لامیناسیون افقی و در قسمت ابتدایی توالی مشاهده شد (شکل۳ ب).

تفسیر: گیاهان دارای وابستگی زیادی به شرایط محیطی از جمله شرایط آب و هوایی و شرایط خاک هستند و به همین دلیل از اهمیت بالایی در مطالعه شرایط محیطی دیرینه برخوردارند (Hasiotis, 2006). آثار ریشه گیاهان منعکس کننده شرایط آب و هوایی و به طور کلی تغییرات سطح آب زیرزمینی در طول حیات گیاه است و وجود آثار با عمق نفوذ بالا خود نشان دهنده پایین بودن سطح آبهای زیرزمینی و مقدار رطوبت می‌باشد (Hasiotis, 2006). آثار ریشه گیاهان را بر اساس قطر و میزان نفوذشان طبقه بندی می‌کنند (Hembree & Hasiotis, 2008)، برهمین اساس آثار ریشه گیاهان مشاهده شده در نهشته‌های الیگوسن را می‌توان مربوط به درختان کوچک و گیاهان بوته دار دانست. رشد گیاهان در شرایط محیطی وادوز و یا فانرتیک انجام پذیر است (Rodriguez & Calvo, 1998). محیط تشکیل آثار ریشه گیاهان را به طور کلی می‌توان به مناطق حاشیه کانال رودخانه‌ها و پهنه‌های سیلابی نسبت داد (Hillier *et al.*,

2008). با توجه به محیط تشکیل رخساره همراه این اثر فسیل (رخساره ماسه سنگی دارای طبقه بندی افقی) (برای مثال Miall, 2006) و ویژگیهای محیطی لازم بری زیست گیاهان، می‌توان محیط تشکیل این اثر فسیل را به قسمتهای حاشیه‌ای و خارج کانالی در محیطهای رودخانه‌ای نسبت داد.

محیط رسوب‌گذاری

بی مهرگان دارای فراوانی و تنوع قابل توجهی در محیطهای قاره‌ای بوده و همچنین حساسیت بالایی نسبت به درجه خشکی خاک، حرارت، رطوبت، میزن اکسید کربن، اکسیژن و دیگر محدودیتهای زیستی دارند، بر همین اساس دارای ارزش بالایی در مطالعات محیطهای رسوب‌گذاری و اکولوژی دیرینه هستند (Hasiotis, 2006)، از طرفی، شناسایی رخساره‌های سنگی و تغییرات جانبی و عمودی آنها نیز کمک شایانی به تفسیر محیط رسوب‌گذاری دیرینه می‌کند، زیرا رخساره‌های رسوبی توسط فرآیندهای رسوبی که در مناطق خاصی از محیط رسوبی عمل می‌کنند، کنترل می‌شوند (Catuneanu, 2003). مطالعات رخساره‌های سنگی نهشته‌های الیگوسن، نشان دهنده وجود ۱۳ رخساره سنگی شامل پنج رخساره درشت دانه (کنگلومرایی)، شش رخساره دانه متوسط (ماسه سنگی) و دو رخساره دانه ریز (سیلت سنگی و شیلی) در این نهشته‌هاست (دهنوی، ۱۳۸۹). مطالعه محیط تشکیل اثرفسیلهای شناسایی شده درنهشته‌های الیگوسن پهنه بینالود شامل: *Arenicolites* isp.، *Cochlichnus* isp.، *Scoyenia* isp.، *Steinichnus* isp.، *Taenidium barretti*، J–Shaped burrows، Horizontal U-Shaped burrows، Root trace به همراه شواهدی از قبیل چرخه‌های ریزشونده به طرف بالا (شکل۳)، گسترش جانبی اندک رخساره‌های سنگی، وجود ساختمانهای رسوبی مربوط به مناطق خشکی همچون ترکهای گلی و ریپل مارکهای نامتقارن، نبود فسیل پیکره‌ای (body fossils) و رنگ قرمز رسوبات همگی نشان دهنده تشکیل نهشته‌های سیلیسی آواری الیگوسن زون بینالود در دو برش دامنجان و طاغان، در سیستم رودخانه‌ای (شکل۶) می‌باشد.



شکل ۶: مدل محیط رسوب‌گذاری، ارائه شده برای نهشته‌های الیگوسن زون بینالود بر مبنای اثرفسیلها و داده‌های رسوب شناسی مشاهده شده در دو برش دامنجان و طاغان

نتیجه گیری

مطالعه اثرشناسی نهشته‌های الیگوسن زون بینالود، به شناسایی ۸ اثرفسیل شامل *Arenicolites* isp.، *Cochlichnus* isp.، *Scoyenia* isp.، *Steinichnus* isp.، *Taenidium barretti*، Horizontal J–Shaped burrows، U-Shaped burrows، Root trace منجر گردید. این اثرفسیل مربوط به اثر رخساره *Scoyenia* بوده و در قسمتهای ابتدایی و میانی توالیهای مورد مطالعه و در لایه‌های ماسه سنگی گسترش دارند. تنوع و فراوانی اثرفسیلها در برش طاغان نسبت به برش دامنجان بیشتر است، که این موضوع می‌تواند در ارتباط با کم انرژی تر بودن محیط تشکیل رسوبات در برش طاغان نسبت به دامنجان بوده باشد. بر اساس مطالعه اثرفسیلهای مشاهده شده و ساختهای رسوبی موجود در توالیهای مورد مطالعه، می‌توان محیط تشکیل رودخانه‌ای را برای این نهشته‌ها پیشنهاد کرد.

منابع

دهنوی، د.، ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل رسوب شناسی نهشته‌های آواری الیگوسن منطقه شمال نیشابور. *پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد*، ۱۵۱ص.

دهنوی، د.، موسوی حرمی، ر.، محمودی قرایی، م.، قائمی، ف.، ۱۳۸۹. آنالیز رخساره‌های سنگی و تعیین محیط تشکیل نهشته‌های الیگوسن زون بینالود در برش باغشن گچ (شمال نیشابور). *چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران*، ص۳۵۳-۳۵۹.

شفیعی، ل.، علوی، ا.، نادری میقان، ن.، ۱۳۸۸. تکتونیک فعال در رشته کوه بینالود با تکیه بر بررسیهای مورفوتکتونیکی. *پژوهشهای جغرافیایی طبیعی*، ۷۰: ۷۹-۹۱.

Alavi, M., 1992. Thrust tectonics of the Binalood region, NE Iran. *Tectonics*, 11: 360-370.

Bradshaw, M.A. 1981. Paleoenvironmental interpretations and systematics of Devonian trace fossils from the Taylor Group (Lower Beacon Supergroup), Antarctia. *New Zealand Journal of Geology andGeophysics*, 24: 615-651.

Bromley, R.G, & Asgaard, U., 1979. Triassic freshwater ichnocoenoses from Carlsberg Fjord, east Greenland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 28: 39-80

Buatois, L.A., & Mángano, M.G., 2004. Animal-substrate interactions in freshwater environments: applications of ichnology in facies and sequence stratigraphic analysis of fluvio-lactustrine successions. *In:* McIlroy, D.M., (Ed.), The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis. *Geological Society, London, Special Publications*, 228: 311-333.

Chamberlain, C. K., 1975. Recent lebensspuren in nonmarin eaquatic environments. *In:* Frey, R.W., (Ed.), The Study of Trace Fossils. *Springer-Verlag*, NewYork, 431–458

Catuneanu, O., 2003. Sequence Stratigraphy of Clastic Systems. Geological Association of Canada, Short Course Notes, 16: 248.

Dashtgard, S.E., Gingras, M.K., & Pemberton, S.G., 2008 Grain-size controls on the distribution of bioturbation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 257: 224-243

Fernandes, A.C.S., & Carvalho, I.D.S., 2006. Invertebrate ichnolofossils from the Adamantina Formation (Bauru Basin, Late Cretaceous), Brazil. Paleontology, 9: 211-220

Frey, R.W, & Howard, J.D., 1990. Trace fossils and depositional sequences in a clastic shelf setting, Upper Cretaceous of Utah. Journal of Paleontology, 64: 803–820.

Genise, J.F., Mángano, M.G., Buatois, L.A., Laza, J.H., & Verde, M., 2000. Insect trace fossil associations in paleosols: the *Coprinisphaera* ichnofacies. *Palaios*, 15: 49-64.

Ghosh, P., Sarkar, S., & Maulik, P., 2006, Sedimentology of a muddy alluvial deposit: Triassic Denwa Formation, India. *Sedimentary Geology*, 191: 3– 36.

Haq, B., Hrdenbol, J., & Vial, P., 1987 . Chronology of fluctuating sea level. *Science*, 235: 1156-1167.

Hasiotis, S., 1997. Redefining continental ichnology and *Scoyenia* Ichnofacies. *Unpublished Ph.D. thesis*, *University of Colorado*, 182p.

Hasiotis, s., 2004. Reconnaissance of Upper Jurassic Morrison Formation ichnofossils, Rocky Mountain Region, USA: paleoenvironmental, stratigraphic, and paleoclimatic significance of terrestrial and fresh water ichnocoenoses. *Sedimetary Geology*, 167: 177-268

Hasiotis, s., 2006. Continental Trace fossils. *SEPM Short Course*, 51: 131

Hasiotis, S.T., & Bown, T.M., 1992. Invertebrate trace fossils: the backbone of continental ichnology. In Maples, C.G. & R.R. West (Eds.), Trace fossils. *The Paleontological Society Short Courses in Paleontology*, 5: 64-104.

Hasiotis, S.T., & Honey, J.G., 2000. Paleocene continental deposits and crayfish burrows of the Laramide Basins in the Rocky Mountains: paleohydrologic and straigraphic significance. *Journal of Sedimantary Research*, 70: 127-139

Heer, O., 1876-1877. Flora fossilis Helvetiae, Die vorweltliche Flora der Schweiz. Verlag von J. Wurster, Zürich: 182.

Hembree, D.I., & Hasiotis, S.T., 2008. Miocene vertebrate and invertebrate burrows defining compound paleosols in the Pawnee Creek Formation, Colorado, U.S.A. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 270: 349-365.

Hillier, R.D., Edward, D., & Morrissey, L.B., 2008. Sedimentalogical evidence for rooting structures in the Early Devonian Anglo-Welsh Basin (UK), With speculation on their producers. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 270: 366-380

Hitchcock, E., 1858. Ichnology of New England: A report on the sandstone of the Connecticut Valley, especially its footprints. *White*, Boston 220 p.

Keighley, D., & Pickerill, R., 1995. The ichnotaxa *Palaeophycus* and *Planolites*: historical perspectives and recommendations. *Ichnos*, 3: 301-309.

Khalifa, M., & Catuneanu,Q., 2008. Sedimentalogy of the Bahariya Formation (Early Cenomanian), Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 51: 89-103.

MacEachern, J., Bann, K., Pemberton, S & Gingras, M., 2007. The ichnofacies paradigm: high-resolution paleoenvironmental interpretation of the rock record. *SEMP short course*, 52: 27-64.

Miall, A.D., 2006. The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. *Springer-Verlag*, 582 pp.

Metz, R., 1990. Tunnels formed by mole crickets (Orthoptera: Gryllotalpidae): paleoecological implications. Ichnos, 1: 139–141.

Miller III, W., 2007. Trace Fossils Concepts, Problems, Prospects. *Elsevier*, Amsterdam, 611

Ratcliffe, B.C., & Fagerstrom, J.A., 1980. Invertebrate lebensspuren of Holocene floodplain : their morphology, origin, and paleoecological significance. *Journal of Paleontology*, 54: 614–630.

Rodriguez-Aranda, J.P., & Calvo, J.P., 1998. Trace fossils and rhizoliths as a tool for sedimentological and palaeoenvironmental analysis of ancient continental evaporate successions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 140: 383-399.

Salter, J. W., 1857. On annelide-burrows and surface-markings from the Cambrian rocks of the Longmynd, No. 2: Quarterly Journal of the Geological Society of London, 13: 199-206.

Smith, R.M.H., 1993. Sedimentology and ichnology of floodplain paleosurfaces in the Beaufort Group (Late Permian), Karoo Sequence, South Africa. *Palaios*, 8: 339-357.

White, D., 1929. Flora of the Hermit Shale, Grand Canyon, Arizona. *Carnegie Institute of Washington, Publication*, 405: 1-221.

Continental trace fossils from Oligocene deposits of Binalood Zone, North Neyshabour

Dehnavi, D.[1], Mahmoudi Gharaie, M.[2]*, Moussavi Harami, R.[3], Farzin Ghaemee[2]

1- Ms.S. in Sedimentology, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3- Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

***E-mail: Gharaie2000@yahoo.com**

Abstract

Both trace fossils and lithofacies of Binalood's Oligocene deposits have been studied in Damanjan and Taghan sections, north Neyshabouer. Identified trace fossils include *Arenicolites* isp., *Cochlichnus* isp., *Scoyenia* isp., *Steinichnus* isp., *Taenidium barretti*, Horizontal U-shaped burrows, J–shaped burrows and Root trace. These trace fossils belong to Scoyenia ichnofacies, which can be found in sandstone layers. The studies of these trace fossils show that Oligocene deposit has been deposited in fluvial depositional system.

Keywords: Oligocene, trace fossils, Binalood, fluvial system.