

سنگ چینه‌نگاری نهشته‌های آواری کواترنری شمال باختری زنجان

ستاره رحیمی؛ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
نصراله عباسی*؛ دانشیار، چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
بیژن یوسفی یگانه؛ استادیار، رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه لرستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۰

چکیده

هفده برش از نهشته‌های کواترنری شمال باختری زنجان برای مطالعات سنگ‌چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی پیمایش شد. هدف از این مطالعات، شناسایی و تفکیک لایه‌های رسوبی در قالب واحدهای سنگ‌چینه‌ای، بررسی تغییرات پارامترهای محیط‌های رسوبی و در نهایت ارائه مدل رسوبی برای محیط رسوبی توالی مورد مطالعه است. بدین منظور، شانزده برش در حاشیه آزادراه زنجان-تبریز از محل عوارضی تا کیلومتر ۴۰ و یک برش در کیلومتر هشت بلوار فرودگاه برداشت شد. این نهشته‌ها به‌طور ناپیوستگی فرسایشی روی مارن‌های رنگین پلیو-پلیستوسن قرار می‌گیرد و مرز بالایی آن فرسایشی است. پنج واحد سنگ‌چینه‌نگاری در قالب توالی دانه‌درشت‌شونده به بالا تشخیص داده شد که از پایین به بالا عبارت است از: (a) توالی رسوبات گل قهوه‌ای تیره تا روشن با میان‌لایه‌های نازک ماسه و گراول دانه‌ریز؛ (b) ماسه و گراول ریزدانه با جورشدگی متوسط تا خوب با لایه‌بندی مورب به رنگ بنفش تا خاکستری با میان‌لایه‌های پراکنده گل، ماسه و گراول کرم رنگ؛ (c) تناوب منظمی از رسوبات گل، ماسه و گراول به رنگ کرم تا قهوه‌ای روشن؛ (d) گراول بسیار سبتر و دانه‌درشت و به رنگ روشن با میان‌لایه‌های گل قهوه‌ای-قرمز روشن؛ و (e) گراول سست گل پشتیبان به رنگ کرم تا سبز روشن. با توجه به موقعیت چینه‌نگاری، سن این رسوبات به پلیستوسن-هولوسن است. پارامترهای شاخص محیط رسوبی مانند ژئومتری لایه‌های رسوبی، نوع رسوبات و ساخت‌های رسوبی نشان می‌دهد که این رسوبات در محیط مخروط‌افکنه‌ای متأثر از فعالیت‌های گسل‌های پیرامون نهشته شده است.

کلیدواژه‌ها: زنجان، سنگ‌چینه‌نگاری، کواترنری، مخروط‌افکنه، واحد چینه‌شناسی.

مقدمه

نهشته‌های آواری کواترنری قاره‌ای به مجموعه رسوباتی اطلاق می‌شود که طی فرایندهای فرسایش، حمل‌ونقل و ته‌نشست در محیط‌های رسوبی قاره‌ای چون رودخانه و طی دو میلیون سال گذشته تشکیل شده است (گال و هوآر، ۱۹۹۱؛ آلکسیوسکی و همکاران، ۲۰۰۸). این رسوبات معمولاً فاقد سیمان‌شدگی است، یا سیمان‌شدگی اندکی دارد. بررسی و مطالعه این نهشته‌های آواری بنا به دلایل مختلف اهمیت ویژه‌ای دارد. در بیشتر موارد در این رسوبات آبخوان‌های خوبی تشکیل شده و سطح آن‌ها عرصه‌های مناسبی برای کشاورزی است. پی‌جویی و اکتشاف مصالح ساختمانی چون ماسه یا خاک رس از موارد دیگری است که در این رسوبات مورد توجه است (گریفس، ۱۹۶۰؛ قربانی، ۲۰۱۳؛ گلووی و هابدی، ۲۰۱۲).

پیش‌نیاز هر گونه مطالعات تخصصی یا کاربردی از زمین‌های کواترنری، انجام مطالعات چینه‌نگاری و تفکیک به

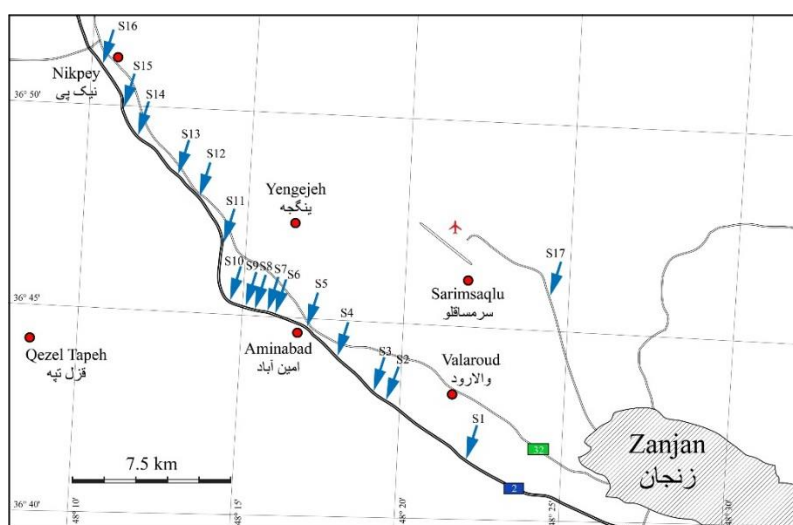
واحدهای چینه‌شناسی معین است. در باختر شهر زنجان و در تپه‌ماهورهای پیرامون زنجان رود گسترش زیادی از نهشته‌های آواری کواترنری وجود دارد. در پی ساخت آزادراه زنجان به تبریز، برش‌های مناسب و خوبی از این رسوبات در دسترس است. در این گستره، واحدهای رسوبی کواترنری بدون تفکیک تعریف شده است، به غیر از مطالعات نتوتکتونیک روی این رسوبات (سلیمانی آزاد و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات تخصصی دیگری روی آن‌ها انجام پذیرفته است.

در پژوهش پیش‌رو سعی شده است تا درباره ویژگی‌ها و خصوصیات این نهشته‌ها در محدوده باختر استان زنجان در راستای زنجان‌رود و در حاشیه آزادراه زنجان به تبریز از محل عوارضی تا کیلومتر ۴۰ مطالعه و بررسی شود. هدف از آن، نخست، تفکیک آن‌ها به واحدهای سنگ‌چینه‌ای معین و تحلیل محیط رسوبی این رسوبات بر مبنای داده‌های رسوب‌شناسی چون اندازه متوسط رسوبات، ژئومتری لایه‌های رسوبی، جهت جریان و ساخت‌های رسوبی است. با توجه به اینکه نه‌تنها در مطالعات زمین‌شناسی، بلکه در سایر مطالعات و فعالیت‌ها، چون فعالیت‌های عمرانی، نخستین قدم شناخت واحدهای سنگی و رسوبی در هر منطقه است، مطالعه حاضر مطالعه‌ای پایه و اساسی است و اهمیت ویژه‌ای دارد.

مواد و روش‌ها

روش مطالعه و برش‌های چینه‌شناسی

حوضه آبخیز زنجان‌رود به طول تقریبی ۱۲۰ کیلومتر و به پهنای حدود ۶۰ تا ۷۰ کیلومتر با راستای جنوب خاوری به شمال باختری در غرب استان زنجان قرار دارد. در این حوضه آبخیز، از محدوده شهر زنجان تا نزدیکی سهراب ماهنشان و در محل روستای نیک‌پی رسوبات آواری کواترنری به شکل تپه‌ماهورهایی گسترش دارد. پس از احداث آزادراه زنجان-تبریز و ایجاد ترانشه‌های کنار آزادراه، رخنمون‌های بسیار مناسبی از این رسوبات در دسترس قرار گرفت. بدین منظور، بهترین رخنمون‌ها در حاشیه آزادراه زنجان-تبریز از محل عوارضی آزادراه تا سهرابی ماهنشان (کیلومتر ۴۰)، شامل ۱۶ برش چینه‌نگاری، انتخاب شد. همچنین، برای تکمیل برداشت‌ها، یک برش نیز در بزرگراه تازه‌تأسیس فرودگاه زنجان به‌عنوان برش تکمیلی انتخاب شد (شکل ۱). جدول ۱ موقعیت جغرافیایی برش‌های چینه‌شناسی برداشت‌شده در حاشیه آزادراه زنجان به تبریز و در جاده فرودگاه را نشان می‌دهد. در مجموع، تک‌تک این هفده برش پیمایش شد. جمع‌آوری داده‌های صحرایی از قبیل نوع رسوبات، دانه‌بندی ذرات رسوبی، ساخت‌های رسوبی، گستره مکانی رسوبات، افق‌های سنگی، برداشت نمونه‌های مناسب، و بررسی مرز واحدهای رسوبی، از جمله مواردی بود که در مطالعات صحرایی مورد توجه بود.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی برش‌های برداشت‌شده در شمال باختری زنجان

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی برش‌های برداشت‌شده در رسوبات آواری کواترنری باختر زنجان

شماره برش	فاصله (مبدأ عوارضی بزرگراه)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)
۱	۱۱	36° 40' 53/51" N	48° 22' 88/35" E	۱۶۰۹
۲	۱۵/۸	36° 42' 56/15" N	48° 19' 43/53" E	۱۵۶۰
۳	۱۶/۵	36° 42' 54/29" N	48° 19' 55/28" E	۱۵۸۰
۴	۱۹/۱	36° 43' 27/23" N	48° 18' 14/15" E	۱۵۴۸
۵	۲۱/۳	36° 44' 21/03" N	48° 17' 84/11" E	۱۵۱۸
۶	۲۲/۷	36° 44' 41/22" N	48° 16' 30/09" E	۱۵۴۹
۷	۲۳/۴	36° 44' 07/25" N	48° 15' 24/53" E	۱۵۳۶
۸	۲۴/۱	36° 44' 64/27" N	48° 15' 39/28" E	۱۵۲۵
۹	۲۸	36° 44' 31/28" N	48° 15' 68/10" E	۱۴۶۹
۱۰	۲۹/۳	36° 44' 55/37" N	48° 14' 53/38" E	۱۴۹۷
۱۱	۳۱/۲	36° 46' 02/09" N	48° 14' 04/22" E	۱۴۸۳
۱۲	۳۲	36° 47' 21/19" N	48° 13' 45/29" E	۱۴۶۲
۱۳	۳۳/۸	36° 47' 07/51" N	48° 12' 39/45" E	۱۴۶۱
۱۴	۳۴/۵	36° 48' 40/50" N	48° 11' 07/21" E	۱۴۵۵
۱۵	۳۷	36° 49' 37/33" N	48° 10' 63/51" E	۱۴۴۸
۱۶	۳۸	36° 50' 03/39" N	48° 10' 15/04" E	۱۴۲۵
۱۷	کیلومتر ۸ جاده فرودگاه	36° 45' 54" N	48° 24' 88" E	حدود ۱۶۵۰

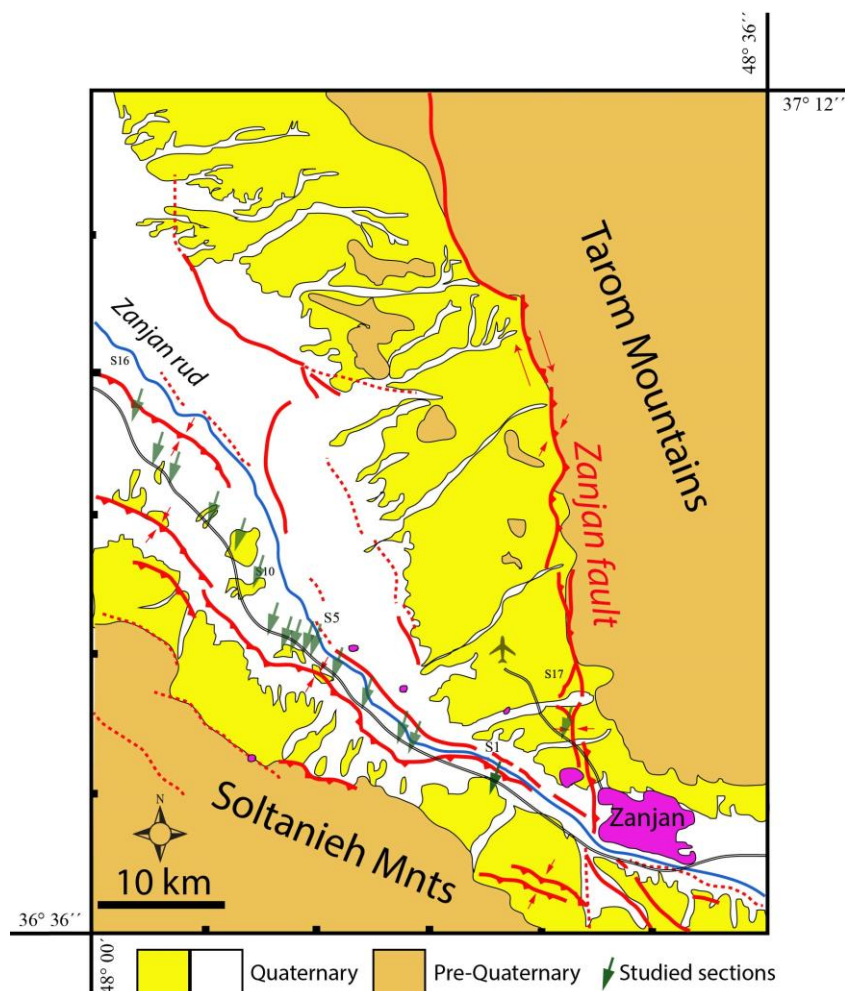
تعداد ۶۳ نمونه برای مطالعات دیرینه‌شناسی از رسوبات مناسب برداشت شد. این رسوبات نیز پیش از استفاده از روش شستشو و غربال کردن برای جدایش بقایای ریزجانداران آماده‌سازی شد (آرمسترانگ و برازیر، ۲۰۰۵). به‌منظور بازسازی و تحلیل محیط رسوبی، به پنج ویژگی مهم در توالی‌های رسوبی توجه شد (سلی، ۱۹۸۵): برای تخمین ژئومتری لایه‌های رسوبی به نوع واحد سنگ‌شناسی و تغییرات ساختاری-ریختی آن توجه شد. رسوب‌شناسی توالی مورد نظر با استفاده از روش مشاهده و اندازه‌گیری مستقیم برای رسوبات دانه‌درشت و روش غربال کردن برای رسوبات ماسه انجام شد. ساخت‌های رسوبی موجود، جهت جریان دیرینه و نوع فسیل‌ها از سه ویژگی دیگری است که در این تخمین مورد توجه بود.

موقعیت زمین‌شناسی

حوضه آبخیز زنجان رود با راستای جنوب خاوری-شمال باختری در میان دو رشته‌کوه طارم در شمال و سلطانیه در جنوب محصور است. تمامی ارتفاعات طارم به‌لحاظ چینه‌نگاری از سازند کرج به سن اتوسن تشکیل شده است. در این رشته‌کوه، سازند کرج به سبزی ۳۰۰ تا ۳۸۰ متر به دو بخش غیررسمی گردکند در زیر و آمند در بالا تقسیم شده است (هیرایاما و همکاران، ۱۹۶۶). این بخش‌ها به ترتیب از ۸ و ۱۳ زیرواحد سنگی و مرکب از مجموعه‌ای از سنگ‌های آذرآواری گوناگون تشکیل شده است (اشتوکلین و افتخارنژاد، ۱۹۶۹). در بخش‌های شمال باختری کوه‌های طارم، سازند کرج از رسوبات توفی چین‌خورده، گسل خورده و اغلب پرشیب است و میان لایه‌های آندزیتی، لاهای داسیتی و آهک‌های نازک نومولیت‌دار در بخش‌های زیرین دارد. در بخش‌های بالایی گدازه‌های آندزیتی تا تارکی آندزیتی، آگلومرا، برش و کنگلومرای با ذرات توفیتی، همچنین رسوبات توفی با فسیلهای گیاهی و تیره رنگ است (داویس و همکاران، ۱۹۷۲؛ کلارک و همکاران، ۱۹۷۵).

کوه‌های سلطانیه شامل مجموعه‌ای از سازندهای گوناگونی با سن پرکامبرین تا سنوزویک است (اشتوکلین و افتخارنژاد، ۱۹۶۹). سازندهای کهر، بایندور، سلطانیه، باروت، زاگون، لالون، میلا، دورود و روتنه واحدهای سنگی پالتوزویک در کوه‌های سلطانیه است. در این کوه‌ها نبود چینه‌شناسی مهم اردوویسین تا کربنیفر به ثبت رسیده است. سازندهای شمشک، دلیچای و لار (ژوراسیک) و با رخنمون‌های بسیار محدودی از سازندهای الیکا (تریاس) و تیزکوه (کرتاسه پیشین) واحدهای سنگی مزوزویک در این رشته‌کوه است.

رسوبات کواترنری مورد مطالعه با تماس گسلی در میان این دو رشته کوه جای دارد، هر چند خود نیز متأثر از گسل‌های رانده به سن جدید است (سلیمانی آزاد و همکاران، ۲۰۱۱). کوه‌های طارم با گسل زنجان از رسوبات کواترنری جدا می‌شود و کوه‌های سلطانیه با گسل سلطانیه با این رسوبات در تماس است (شکل ۲). این گسل‌ها با عملکرد راستالغز راستگرد رسوبات کواترنری را نیز تحت تأثیر قرار داده است.



شکل ۲. رخنمون نهشته‌های کواترنری (به رنگ زرد و سفید) در حوضه زنجان رود (بر اساس سلیمانی آزاد و همکاران، ۲۰۱۱ با تغییرات)

یافته‌ها

برش‌های چینه‌شناسی

هفده برش چینه‌شناسی مورد مطالعه با ستبرای متفاوت است، به گونه‌ای که برش چهاردهم کمترین ستبرای (۵ m) و برش دوازدهم بیشترین ستبرای (۲۶/۴ m) را دارد. مرز زیرین هر برش، حد پایینی رخنمون آن و مرز بالایی آن نیز فرسایشی در سطح زمین است. هر برش از یک یا چند واحد رسوبی تشکیل شده است که قابل تفکیک به واحدهای سنگ‌چینه‌ای است. نهشته‌های آواری در برش‌ها شامل گراول، ماسه، سیلت و رس با نسبت‌های متفاوت در هر برش است. از برش‌های هفدهم و یکم که در بخش خاوری منطقه برداشت شد، به تدریج به سمت باختر از میزان رسوبات دانه‌درشت کاسته و بر میزان رسوبات رس افزوده می‌شود. در هیچ یک از توالی‌های مورد بررسی، رسوبات غیرآواری همانند رسوبات آهکی یا گچی مشاهده نشد. چینه‌بندی مورب مسطح و ناودانی، پرشدگی کانال، آثار کالیچ، ایمبرکاسیون مهم‌ترین ساخت‌های رسوبی یافت‌شده در برش‌هاست. جدول ۲ اطلاعات خلاصه‌شده هر برش را نمایش می‌دهد.

جدول ۲. داده‌های ستون‌های چینه‌نگاری در برش‌های پیمایش شده و تغییرات درصد رسوبات در این برش‌ها

شماره برش	۱۷	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
ستبر	۹	۳۰/۴	۸	۱۵	۱۱/۷	۱۳	۸/۵	۲۰	۲۰/۵	۸	۱۰	۱۷/۲	۲۶/۴	۱۳/۵	۵	۱۰	۱۱
واحد چینه‌نگاری (قدیم به جدید: از پایین به بالا)	d	d	c	d	c	c	c	b	b	b	b	b	e	e	a	a	e
گراول	۹۰	۶۱	۴۴	۴۳	۲۶	۸	۱۱	۵۵	۴۶	۳۴	۳۰	۴۵	۲۸	۳۰	۱۰	۵	۵
ماسه	۵	۱۶	۶	۷	۴۰	۱۷	۲۸	۲۰	۱۰	۱۱	۲۰	۱۸	۵	۲۲	۵	۵	۹
رس	۵	۲۳	۵۰	۵۰	۳۴	۷۵	۶۱	۲۵	۴۴	۵۵	۵۰	۳۷	۵۷	۴۸	۸۵	۹۰	۸۶

واحدهای چینه‌شناسی

بر پایه داده‌ها و اطلاعات موجود در برش‌های چینه‌نگاری برداشت‌شده و سایر رخنمون‌ها، توالی رسوبی مورد نظر را می‌توان در واحدهای چینه‌نگاری از قدیم به جدید به شرح زیر گروه‌بندی کرد، در این طبقه‌بندی اصول نامگذاری سنگ‌چینه‌شناختی بین‌المللی (NACSN 2005، ISSC 1994) رعایت شده است. هر چند در این مرحله، واحدهای سنگ‌چینه‌نگاری معرفی شده در زیر، غیررسمی است، تلاش شد در معرفی این واحدها، از مصوبات کمیته ملی چینه‌شناسی کشور (احمدزاده هروی، ۱۳۷۱) پیروی شود.

الف) واحد سنگ‌چینه‌نگاری a- گل قهوه‌ای

این واحد از توالی رسوبات گل قهوه‌ای تیره تا روشن با میان‌لایه‌های اندک و نازکی از رسوبات ماسه و گراول دانه‌ریز تشکیل شده است. افق‌های کالیچ در بخش‌های بالایی این واحد فراوان است که بیشینه ستبر آن تا ۱ متر پیمایش شد. بیشترین ستبرای دیده شده ۱۱ متر است. مرز زیرین آن پیوسته و تدریجی با رسوبات مارن سبز و قرمز گسلیده است که در بخش‌های باختری منطقه مورد مطالعه و خارج از محدوده مورد نظر است. مرز بالایی آن نیز فرسایشی با واحدهای چینه‌نگاری b و e یا فرسایشی در سطح زمین است. بیش از ۹۰ درصد این واحد چینه‌نگاری را رسوبات گل تشکیل داده است و به‌صورت میان‌لایه می‌توان رسوبات ماسه کرم تا خاکستری و لایه‌های گراولی به‌حالت کانال‌های فرسایشی در آن یافت. هیچ‌گونه فسیلی در نمونه‌های برداشت‌شده یا در سرزمین در واحد دیده نشد. بر پایه موقعیت چینه‌نگاری، این واحد قدیمی‌ترین واحد چینه‌ای در توالی مورد مطالعه و سن آن کواترنری است. این واحد چینه‌نگاری در قاعده برش‌های هشتم تا سیزدهم و کل برش‌های چهاردهم تا شانزدهم گسترش دارد. مرز زیرین آن با رسوبات مارن سبز-قرمز (پلیو-کواترنری) هم‌شیب و تدریجی و مرز بالایی آن با واحدهای سنگ‌چینه‌نگاری b یا c فرسایشی است.

ب) واحد سنگ‌چینه‌نگاری b- ماسه و گراول بنفش - خاکستری

این واحد سنگ‌چینه‌نگاری از رسوبات ماسه و گراول ریزدانه با جورشدگی متوسط تا خوب و دارای لایه‌بندی مورب به رنگ بنفش تا خاکستری و به‌طور پراکنده از میان لایه‌های گل، ماسه و گراول کرم رنگ تشکیل شده است. مرز زیرین آن فرسایشی با واحد a و مرز بالایی نیز فرسایشی با واحد c است. ستبرای این واحد ۰/۵ متر تا ۱۰/۵ متر متغیر است و بیشترین ستبرای آن در برش هشتم برداشت شد. ویژگی مهم ساختاری این واحد چینه‌ای داشتن لایه‌بندی مورب در بیشتر رخنمون‌هاست. گسترش این واحد چینه‌نگاری در برش‌های چهارم تا شانزدهم است. البته، در برش‌های کناری، به‌صورت عدسی شکل و گسترش محدود است و اندک‌اندک در گستره جانبی ناپدید می‌شود. در این واحد چینه‌نگاری فسیلی یافت نشد و از لحاظ سن نسبی قدیمی‌تر از واحد c و جدیدتر از واحد a و سن آن نیز کواترنری است. مرز زیرین (با واحد a) و بالایی آن (با واحد c) هر دو فرسایشی است.

ج) واحد سنگ‌چینه‌نگاری c- تناوب گل، ماسه و گراول

این واحد سنگ‌چینه‌نگاری از تناوب منظمی از رسوبات گل، ماسه و گراول به رنگ کرم تا قهوه‌ای روشن تشکیل شده است و به‌خوبی رسوبگذاری چرخه‌ای را در زمان نهشته‌شدن نشان می‌دهد. مرز زیرین رسوبات گراولی روی رسوبات گلی

یا ماسه‌ای فرسایشی است و با ساختمان کانالی همراه است. ساختمان لایه‌بندی مورب در بیشتر رسوبات گراول دانه‌ریز یا ماسه دیده می‌شود. مرز زیرین و بالایی این واحد چینه‌شناسی هر دو فرسایشی و به ترتیب با واحدهای b و d است. بهترین رخنمون این واحد را می‌توان در برش سوم مشاهده کرد، جایی که ستبرای آن ۱۵ متر است. این واحد در برش‌های سوم تا برش چهارم گسترش دارد. فسیلی در برداشت‌های صحرایی یا نمونه‌های آزمایشگاهی دیده نشد و سن نسبی آن جدیدتر از واحد b و قدیمی‌تر از واحد d و سن آن کواترنری است. مرز زیرین این واحد با واحدهای a یا b به صورت فرسایشی و مرز بالایی آن نیز با واحد d فرسایشی است.

د) واحد سنگ‌چینه‌نگاری d- گراول ستبر لایه

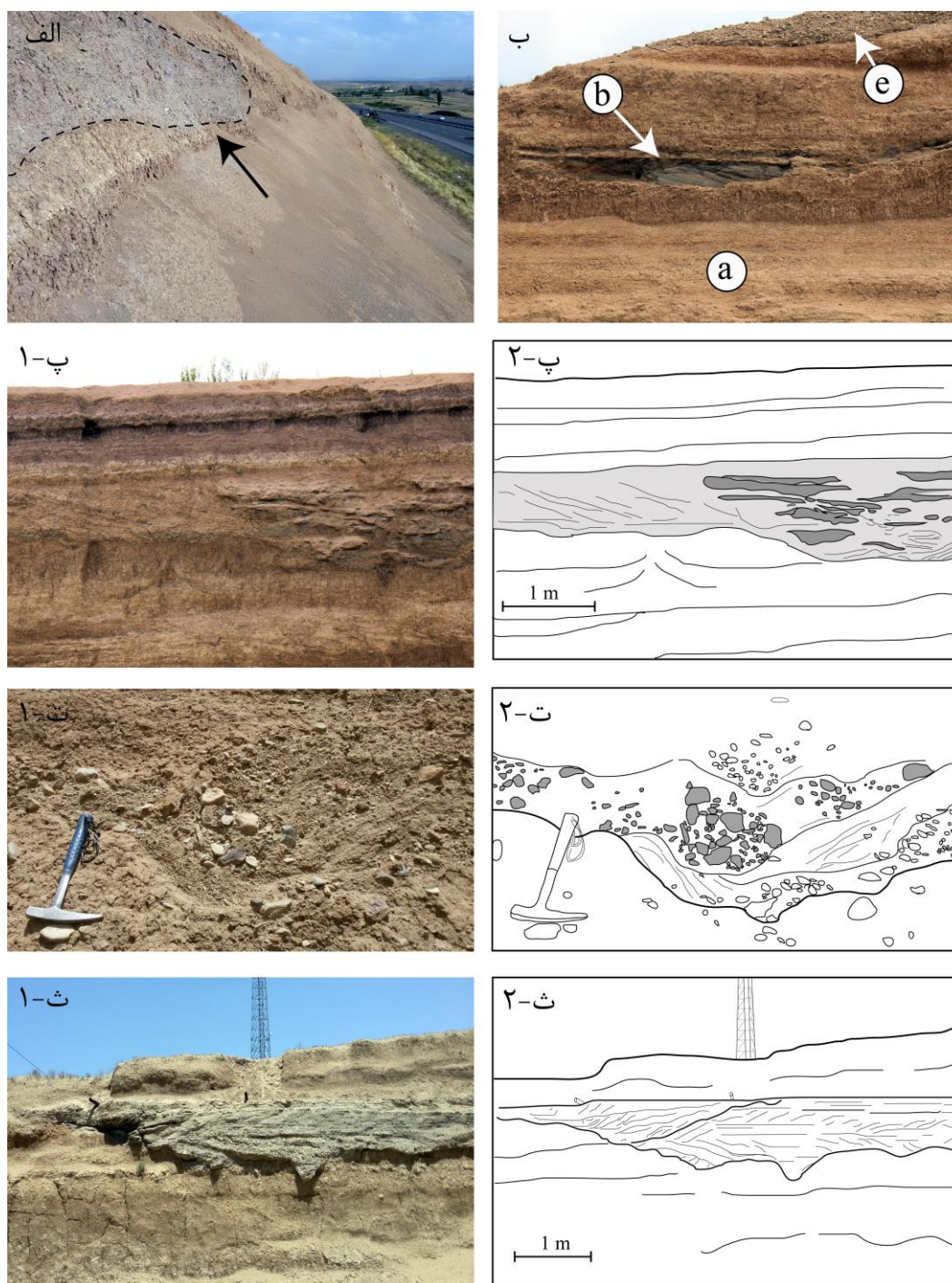
این واحد سنگ‌چینه‌نگاری از رسوبات گراول بسیار ستبر و دانه‌درشت و به رنگ روشن با میان‌لایه‌های گل قهوه‌ای-قرمز روشن است. ساخت‌های کانال لایه‌بندی مورب و دانه‌بندی دانه تدریجی عادی از فراوان‌ترین ساختمان‌های رسوبی این واحد چینه‌نگاری است. مرز زیرین آن فرسایشی روی واحد c و مرز بالایی آن فرسایشی در سطح زمین است. گسترش این واحد از برش یکم تا برش دوم و گستره افق‌ها و لایه‌های این واحد به‌طور جانبی زیاد است. این واحد چینه‌نگاری جدیدترین واحد چینه‌ای و هم‌ارز سنی واحد e است. مرز زیرین آن با واحد c فرسایشی و مرز بالایی آن رخنمون‌یافته در سطح زمین و فرسایشی است.

ه) واحد سنگ‌چینه‌نگاری e- گراول کرم رنگ و گل پشتیبان

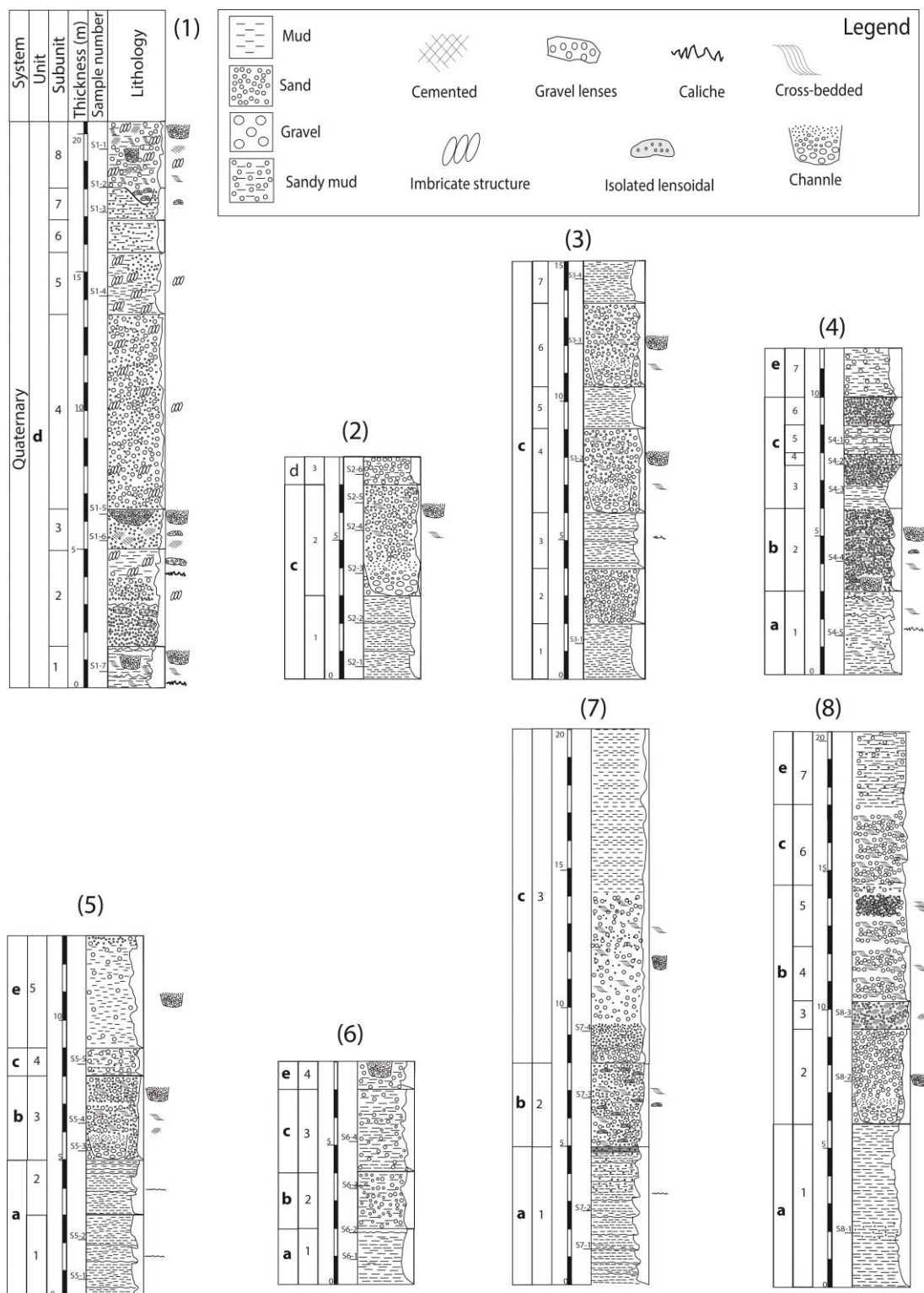
این واحد سنگ‌چینه‌نگاری از رسوبات گراول سست گل پشتیبان به رنگ کرم تا سبز روشن تشکیل شده است. ستبرای آن ۸ تا ۰/۵ متر است. مرز زیرین آن فرسایشی با واحد چینه‌نگاری c یا قدیمی‌تر است. ویژگی بارز این واحد داشتن ساختار کانال وسیع است و چه از نظر این ساختار و چه از نظر رسوبات گراول گل پشتیبان از واحد چینه‌نگاری d متمایز است. این واحد را می‌توان در برش هفتم و برش‌های ۱۴ تا ۱۶ پیمایش کرد. با توجه به موقعیت چینه‌شناسی این واحد که به‌طور فرسایشی روی واحد c یا قدیمی‌تر می‌نشیند، سن نسبی آن جدیدتر از واحدهای فوق است و می‌توان آن را هم‌ارز سنی واحد چینه‌ای d و به سن کواترنری دانست (شکل ۴ و ۵). مرز زیرین آن با واحد سنگ‌چینه c یا a فرسایشی و مرز بالایی آن در سطح زمین و فرسایشی است.

دیرینه‌شناسی

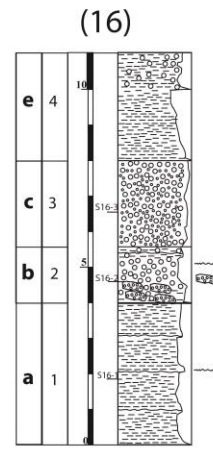
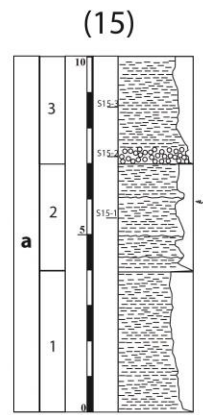
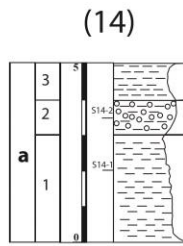
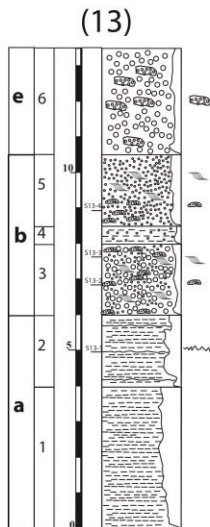
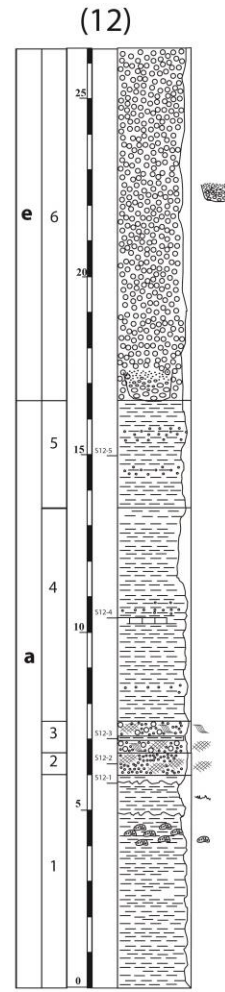
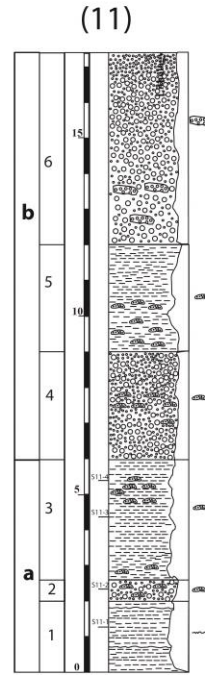
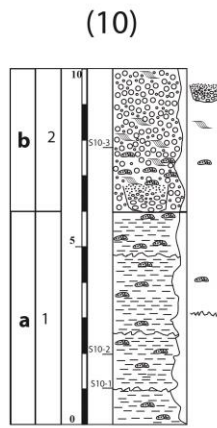
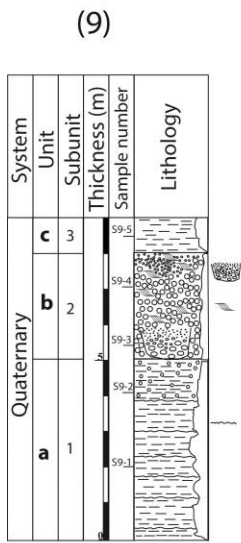
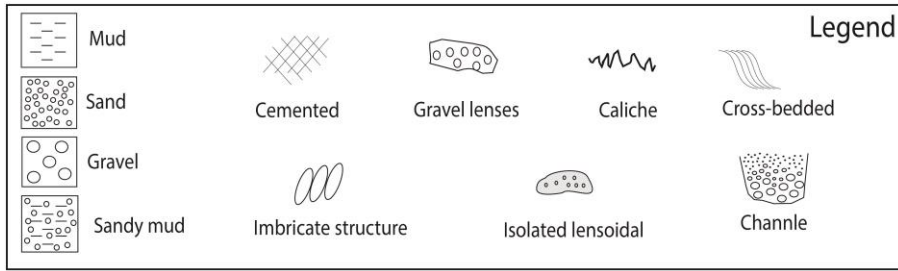
اصولاً در معرفی واحدهای سنگ‌چینه‌ای به محتوای فسیلی آن (در صورت وجود فسیل) اشاره دارد، زیرا مطالعه دیرینه‌شناسی ممکن است به تعیین سن این واحدها کمک کند (اصل ۲۲ در ۲۰۰۵ NACSN). در بررسی‌های صحرایی، هیچ‌گونه فسیل پیکری^۱ جانوری یا گیاهی یافت نشد. تنها ماکروفسیل یافت‌شده در این بررسی‌ها، حفاری جانوران به شکل لوله‌های قائم در رسوب ماسه در برش سیزدهم است (شکل ۶ الف). این اثرها را می‌توان اثرچنس *Skolithos* دانست که از اثر فسیل‌های محیط‌های پرنرزی در مناطق ساحلی یا قاره‌ای است و به سن پرکامبرین تا عهد حاضر است. در لایه‌های رستی قرمز رنگ برش پنجم، ساخت‌هایی لوله‌ای شکل به رنگ سفید تا سبز روشن، قائم یا خمیده و با دیواره‌ای مشخص مشاهده شد که برخی انشعابی است و برخی دیگر سطح لایه‌بندی را قطع می‌کند (شکل ۶ ب). این لوله‌ها در نگاه نخست ممکن است با اثر فسیل *Skolithos* اشتباه شود، ولی این ساخت‌ها ممکن است بقایای ریشه گیاهان باشد که با ازمیان‌رفتن گیاه، محل ریشه به شکل اثر فسیل جلوه می‌کند (گرگوری و همکاران، ۲۰۰۶). در هر حال، این فسیل‌ها شاخص سنی محسوب نمی‌شود. با توجه به موقعیت چینه‌نگاری، سن توالی با هم‌ارزی چینه‌نگاری به پلیستوسن-هولوسن نسبت داده می‌شود.



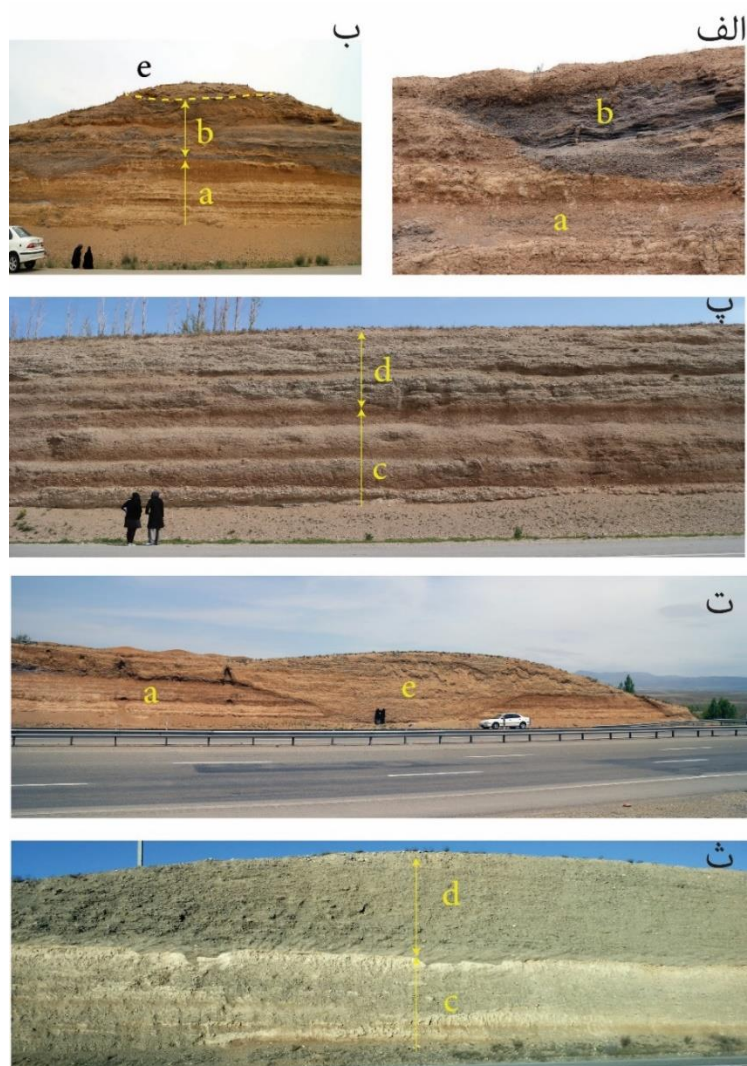
شکل ۳. برخی ساخت‌های رسوبی در توالی مورد مطالعه. الف) ساخت کانال پرشده با رسوبات گراول در واحد سنگ‌چینه‌ای a، ب) ساخت لایه‌بندی چلیپا (cross-bedding) در واحد سنگ‌چینه‌ای b و کانال در واحد سنگ‌چینه‌ای e، پ-۱ و پ-۲) ساخت کانال پرشده با رسوب گراول و عدسی‌های کالیج در واحد سنگ‌چینه‌ای a، ت-۱ و ت-۲) ساخت کانال در واحد سنگ‌چینه‌ای d، ث-۱ و ث-۲) ساخت‌های لایه‌بندی چلیپا و کانال در لایه آواری واحد سنگ‌چینه‌ای c



شکل ۴. ستون چین‌نگاری برش‌های یک تا هشت



شکل ۴ (ادامه). ستون چینه‌نگاری برش‌های نه تا شانزده (برش هفدهم ستون چینه‌شناسی ترسیم ندارد)



شکل ۵. تصویر واحدهای چینه‌نگاری a تا e در برخی برش‌های برداشت‌شده (الف و ب برش ۵، پ برش ۳، ت برش ۱۲، ث برش ۱)



شکل ۶. بقایای زیستی یافت‌شده در برش‌های مورد مطالعه. (الف) اثر فسیل *Skolithos* (پیکان) در ماسه‌سنگ‌های برش ۱۳، (ب) اثر ریشه گیاهان در رسوبات گلی برش ۵

هم‌ارزی چینه‌شناسی

با عنایت به شرح توالی‌های برداشت‌شده و علی‌رغم یافت‌نشدن فسیلی که بتوان سن این رسوبات را به‌دقت تشخیص

داد، توالی مورد مطالعه قابل هم‌ارزی و تطابق^۱ با سازندهای کهریزک و تهران در دامنه‌های جنوبی البرز، نهشته‌های کواترنری پیرامون سهند در شمال باختری ایران و نهشته‌های کواترنری حاشیه قزل‌اوزن در منطقه ماهنشان (قلعه مهستان) است و این هم‌ارزی صرفاً بر پایه سن کواترنری این واحدهای سنگی است (حسین‌خان ناظر، ۱۳۹۴؛ ویتافینزی، ۱۹۶۸؛ خاکسار و خاکسار، ۲۰۱۲).

بحث

این پژوهش، در واقع قدم نخست در چینه‌نگاری نهشته‌های کواترنری حوضه آبخیز زنجان رود است. به دلیل انگشت‌شمار بودن مطالعات نهشته‌های دوره کواترنر، تفکیک و معرفی آن در قالب واحدهای چینه‌نگاری امری ضروری است، زیرا مطالعات تخصصی بعدی نیازمند چنین مطالعات بنیادی است. به بیان دیگر، در این پژوهش سعی شد تا حد توان به مطالعه چینه‌نگاری، رسوب‌شناسی و دیرینه‌شناسی پرداخته شود تا برای پژوهش بعدی بتوان برنامه‌ریزی کرد. برای دستیابی به این امر، برش چینه‌شناسی مطالعه شد. تمامی این رسوبات از واحدهای آواری تشکیل شده است. پراکنش این رسوبات به گونه‌ای است که در برش‌های اولیه اندازه ذرات دانه‌درشت، در حد گراول است. در میانه مسیر مطالعات اندازه ذرات متوسط، در حد ماسه می‌شود و در انتهای مسیر اندازه ذرات ریز و در حد سیلت و گل می‌شود.

با توجه به برش‌های چینه‌نگاری برداشت‌شده، می‌توان واحدهای چینه‌ای را از قدیم به جدید به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

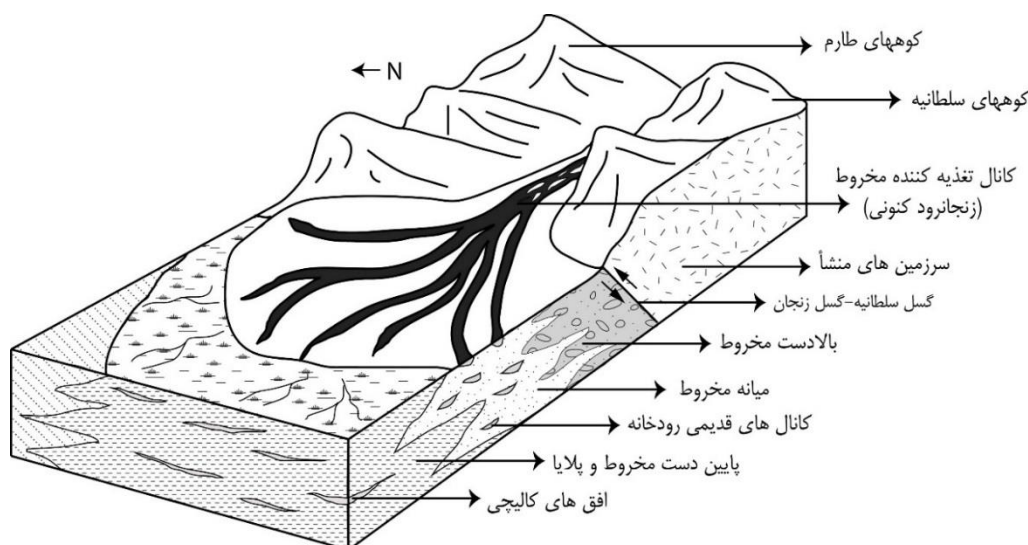
۱. واحد سنگ‌چینه‌نگاری a- گل قهوه‌ای
۲. واحد سنگ‌چینه‌نگاری b- ماسه- گراول بنفش- خاکستری
۳. واحد سنگ‌چینه‌نگاری c- تناوب گل، ماسه و گراول
۴. واحد سنگ‌چینه‌نگاری d- گراول سبزر لایه
۵. واحد سنگ‌چینه‌نگاری e- گراول کرم رنگ و گل پشتیبان^۲.

امروزه، بسیاری از رسوب‌شناسان که در زمینه محیط‌های تخریبی کار می‌کنند از روش شناسه‌گذاری رخساره‌ای بهره می‌گیرند که نخستین بار میال (۱۹۷۷، ۲۰۰۶) معرفی کرد. بر اساس عناصر ساختاری میال، در این رسوبات ۱۲ رخساره رسوبی تشخیص داده شد که در سه دسته گراول، ماسه و گل است و شش عنصر ساختاری GB, HS, CH, OF, DIS, CvS را تشکیل می‌دهد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۶). طبق داده‌های رحیمی و همکاران (۱۳۹۶)، رخساره رسوبی این عناصر ساختاری در ۱۲ گروه تفکیک‌پذیر است (جدول ۳). این رخساره‌ها در میان دو گسل زنجان (سلیمانی آزاد و همکاران، ۲۰۱۱) در شرق و گسل سلطانیه (بربریان، ۱۹۷۶) در جنوب محدود شده است و به نظر می‌رسد فرایندهای شکل‌گیری و تکامل آن تحت تأثیر فعالیت این گسل‌ها در زمان کواترنری بوده است.

جدول ۳. عناصر ساختاری توالی رسوبی مورد مطالعه (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۶)

عناصر ساختاری	مجموعه رخساره‌های رسوبی	تفسیر
HS	Sh, Sp	تجمع قایم رسوب، حرکت رو به پایین دست بدفورم‌های کم‌ارتفاع ولی گسترده یا بدفورم‌هایی با لایه‌بندی مسطح
CvS	St, Sp, Sm	رشد بارهای میان‌کانالی یا بارهای بریده‌بریده
DIS	Sp, Sm	تجمع رو به پایین بارها و استقرار بدفورم‌های کوچک روی یکدیگر
GB	Gt, Gp, Gms, Gm	بارهای گراولی و بدفورم بزرگ گراول‌دار
OF	Fm, Fsm	رسوبات خارج از کانال
CH	Gm, Gms, Gh	رسوبات داخل کانال

این عناصر ساختاری در کنار سایر ویژگی‌های رسوب‌شناسی نشان می‌دهد که نهشته‌های آواری کواترنری باختر زنجان در سیستمی مخروط‌افکنه‌ای واقع شده است (شکل ۷). با توجه به داده‌های صحرایی و وجود گسل‌های فعال در منطقه، همچنین مجموع توالی مورد مطالعه که یک سکانس دانه‌درشت‌شونده به‌طرف بالاست، همه حاکی از رژیم تکتونیک فعال در منطقه است، چرا که توالی‌های آواری دانه‌درشت‌شونده و ضخیم‌لایه‌شونده، به‌طرف بالا نشانگر افزونی فعالیت‌های تکتونیک بالادست و بالآمدن فعال سرزمین‌هاست (واکر، ۱۹۹۲؛ راست و کاستر، ۱۹۸۴). عناصر ساختاری موجود در توالی مورد مطالعه در سیستم مخروط‌افکنه‌ای پهن و کشیده متأثر از مخروط‌های کوچک و جانبی است. آرایش واحدهای رسوبی این نوع سکانس به‌نحوی است که عناصر ساختاری دانه‌درشت در بالادست و نزدیک به ارتفاعات و عناصر رسوبی دانه‌ریز در پایین‌دست جای دارد.



شکل ۷. مدل رسوبی نهشته‌های کواترنری شمال باختری زنجان به‌صورت مخروط‌افکنه

در مدل رسوبی پیشنهادی برای توالی مورد مطالعه بخش میانی تا انتهایی محیط رسوبی به‌صورت مخروط‌افکنه است که از بالادست توسط کانال‌های اصلی تغذیه شده است. در بخش میانی بیشتر جریان‌های خرده‌دار و جریان‌های سیلابی رودخانه‌ای و در بخش‌های انتهایی جریان‌های سیلابی ورقه‌ای در سیستم گسلی پرشیبی جاری بوده است. با توجه به ریخت‌شناسی عمومی منطقه، این سیستم مخروط‌افکنه ممکن است تحت تأثیر مخروط‌های کوچک جانبی و کانال‌های زهکشی‌کننده روی آن باشد. رشته‌کوه البرز طی سنوزوییک، دچار تنش‌های فشارشی فزاینده بود و توالی دانه‌درشت‌شونده به‌طرف بالا حکایت از ته‌نشست شدن رسوبات مورد مطالعه در سیستم تکتونیک فشارشی است (للو و همکاران، ۲۰۰۹؛ آبرو و نومدال، ۲۰۰۷؛ جویز، ۲۰۰۴؛ علوی، ۱۹۹۶؛ بربریان، ۱۹۸۳). این چنین رژیم تکتونیک رسوبات پای دامنه ضخیم‌لایه‌شونده، دانه‌درشت‌شونده به‌طرف بالا را برجای می‌گذارد (راست و کاستر، ۱۹۸۴).

از دیدگاه مطالعات دیرینه‌شناسی برش‌ها، تنها منجر به یافتن اثر حفاری جانوران به‌شکل لوله‌های قائم در رسوب ماسه در برش سیزدهم شد که این اثر را می‌توان اثر جنس *Skolithos* دانست که از اثر فسیل‌های محیط‌های پرنرزی در مناطق ساحلی یا قاره‌ای و به سن پرکامبرین تا عهد حاضر است (سیلاخر، ۲۰۰۷). هیچ‌گونه میکروفسیلی یافت نشد. بنابراین، در مطالعات حاضر برای تعیین سن توالی رسوبی مورد مطالعه بر معیار دیرینه‌شناسی تکیه نشد و صرفاً بر پایه موقعیت چینه‌شناسی این رسوبات به‌طور کلی به کواترنری نسبت داده شد.

نتیجه‌گیری

توالی رسوبات کواترنری باختر زنجان، شامل مجموعه‌ای از رسوبات آواری گراول، ماسه، سیلت و رس است که ستبرای آن از ۵ تا بیش از ۲۶ متر تغییر می‌کند. این رسوبات در توالی دانه‌درشت‌شونده به‌طرف بالا تفکیک‌پذیر به پنج واحد

سنگ‌چینه‌نگاری اسن. از پایین به بالا شامل گل قهوه‌ای، ماسه و گراول بنفش- خاکستری، تناوب گل، ماسه و گراول و در نهایت گراول ستر لایه و گراول کرم رنگ و گل پشتیبان است. در این رسوبات فسیل شاخصی یافت نشد و سن آن بر پایهٔ موقعیت چینه‌نگاری کواترنری است. محیط رسوبی این توالی مخروط‌افکنه‌ای تشخیص داده است که تحت کنترل گسل‌های فعال منطقه بوده است. به نظر می‌رسد دو گسل سلطانیه در جنوب و زنجان در شمال شرایط رسوبگذاری این مخروط‌افکنه را تحت کنترل داشته است.

سپاسگزاری

از داوران محترم این مقاله به دلیل ارائهٔ رهنمودهای بسیار ارزنده در جهت بهبود مطالب علمی سپاسگزاری می‌کنیم. از سرکار خانم منیژه فارمینی بزچلویی به دلیل کمک در مطالعات صحرایی متشکریم.

منابع

- احمدزاده هروی، م. (۱۳۷۱). فعالیت‌های کمیتهٔ ملی چینه‌شناسی ایران. فصلنامهٔ علوم زمین، ۲(۶): ۶۴-۷۱.
 حسین‌خان ناظر، ن. (۱۳۹۴). زمین‌شناسی کواترنر (آبرفت‌های ایران). نشر جوان امروز، ۳۴۷ ص.
 رحیمی، س.؛ یوسفی یگانه، ب. و عباسی، ن. (۱۳۹۶). چینه‌نگاری و عناصر ساختاری نهشته‌های کواترنری زنجان. سی و ششمین همایش سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
 Abreu, V. and Nummedal, D. (2007). Miocene to Quaternary sequence stratigraphy of the South and Central Caspian basins. In: Yilmaz, P.O., Isaksen, G.H. (Eds.), Oil and Gas of the Greater Caspian Area. In: AAPG Stud. Geol., 55: 65-86.
 Ahmadzadeh Haravi, M. (1992). Activities of the national Iranian stratigraphic committee. Geosciences, 6: 64-71. [in Persian]
 Alavi, M. (1996). Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain system in northern Iran. J. Geodyn, 21: 1-33.
 Alekseevskiy, N.I.; Berkovich, K.M. and Chalov, R.S. (2008). Erosion, sediment transportation and accumulation in rivers. International Journal of Sediment Research, 23: 93-105.
 Armstrong, H.A. and Brasier, M.D. (2005). Microfossils. 2nd ed, Blackwell Publishing, 296 pp.
 Berberian, M. (1983.) The southern Caspian: A compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust. Can. J. Earth Sci., 20: 163-183.
 Berberian, M. (1976). Pre-Quaternary faults in Iran. Geological Survey of Iran, 39: 259-269.
 Clark, G.C.; Davies, R.G.; Hamzeshpour, B. and Jones, C.R. (1975). Explanatory text of the Bandar-e-Pahlavi quadrangle map. Geological Survey of Iran, Report No. D3: 198.
 Davies, R.G.; Jones, C.R.; Hamzeshpour, B. and Clark, G.C. (1972). Geology of the Masuleh sheet 1:100000, northwest Iran. Geological Survey of Iran, Report No. 24: 110.
 Gale, S.J., and Hoare, P.G. (1991). Quaternary sediments. Belhaven Press, New York-Toronto, 323 pp.
 Galloway, W.E. and Hobday, D.K. (2012). Terrigenous clastic depositional systems: Applications to fossil fuel and groundwater resources. In W.W. Fleischhacker, D.J. Brooks (Eds.) Addiction Mechanisms, Phenomenology and Treatment. Journal of Neural Transmission, Springer, Supplementary, 66: 445-484.
 Gorbani, M. (2013). The Economic Geology of Iran, Mineral Deposits and Natural Resources. Springer, 569 pp.
 Gregory, M.R.; Campbell, K.A.; Zuraida, R. and Martin, A.J. (2006). Plant traces resembling Skolithos. Ichnos, 13: 205-216.
 Griffith, S.V. (1960). Alluvial prospecting and mining. Pergamon Press, 245 pp.
 Hirayama, K.; Samimi, M.; Zahedi, M. and Hushmand-zadeh, A. (1966). Geology of the Tarom district, western part (Zanjan area, northwest Iran). Geological Survey of Iran, Report No. 8:1-36, Tehran, Iran.
 Hosseinkhan Nazer, N. (2015). Geology of Quaternary (Alluvials of Iran). Javan-emruz publication, 347 pp. [in Persian]
 ISSC (International Subcommission on Stratigraphic Classification) of IUGS International Commission on Stratigraphy (1994). International stratigraphic guide (2d edition, Amos Salvador, ed.): Trondheim, Norway, International Union of Geological Sciences, and Boulder, Colorado, Geological Society of America, 214 pp.
 Jones, S.J. (2004). Tectonic controls on drainage evolution and development of terminal alluvial fans, southern Pyrenees, Spain. Terra Nova 16: 121-127.
 Khaksar, K. and Khaksar, K. (2012). Correlation between quaternary stratigraphy units in different geological zones of Iran. International Research Journal of Geology and Mining (IRJGM) (2276-6618), 2(6): 141-147
 Lelu, S.; Ghienne, J.F. and Manatschal, G. (2009). Alluvial fan development and morphotectonic evolution in response to contractional fault reactivation (Late Cretaceous-Palaeocene), Provence, France. Basin Research, 21: 157-187.
 Miall, A.D. (2006). The geology of fluvial deposits, sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology. Springer, 572 pp.

- Miall, A.D. (1977). A review of the braided river depositional environment. *Earth Science Review*, 13: 1-62.
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature (NACSN) (2005). North American stratigraphic code. *AAPG Bulletin*, 89(11): 1547-1591.
- Rahimi, S.; Yousefi Yeganeh, B. and Abbassi, N. (2017). Stratigraphy and architecture elements of Quaternary sediments of west Zanzan. The 36th National and the 3rd International Geosciences Congress of Iran. [in Persian]
- Rust, B.R. and Koster, E.H. (1984). Coarse alluvial deposits. In Walker, R.G., ed., *Facies Models*, 2nd edition: Geological Association of Canada, Geoscience Canada Reprint Series 1: 53-69.
- Seilacher, A. (2007). *Trace fossil analysis*. Springer, Berlin, Germany, 226 pp.
- Selley, R.C. (1985). *Ancient sedimentary environments: and their sub-surface diagnosis*. Chapman & Hall, 297 p.
- Solaymani Azad, S.; Dominguez, S.; Philip, H.; Hessami, K.; Forutan, M.R.; Shahpasan Zadeh, M. and Ritz, J.F. (2011). The Zanzan fault system: Morphological and tectonic evidences of a new active fault network in the NW of Iran. *Tectonophysics*, 506: 73-85.
- Stöcklin, J. and Eftekhari-nezhad, J. (1969). Explanatory text of the Zanzan quadrangle map 1:250000. Geological Survey of Iran, Report, No. D4: 61.
- Vita-Finzi, C. (1968). Late Quaternary alluvial chronology of Iran. *Geologische Rundschau*, 58: 951-973.
- Walker, R.G. (1992). Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In R.G. Walker and N.P. James (eds.) *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada: 1-14.