

Original Research Paper

Lithostratigraphy and biostratigraphy of Wuchiapingian succession in the Qareh-Goz section (south of Julfa, northwest of Iran) based on brachiopods

Parisa Mohammadi¹, Abbas Ghaderi^{1*} and Ali Reza Ashouri¹

¹Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 2022 October 24

Accepted: 2022 December 06

Available online: 2023 June 22

Keywords:

Brachiopods

Permian

Triassic

Julfa

Lopingian

Wuchiapingian

ABSTRACT

The Julfa region in East Azerbaijan Province exhibits one of the best continuous marine sedimentary successions across the Permian to Triassic boundary. The present study is focused on the brachiopod contents of the Julfa beds in Qareh-Goz section (41.5 m thickness) in the south of Julfa. This study is led to the determination of 11 genera and 21 species of the orders Athyridida, Orthotetida, Orthida, Productida, Spiriferida, and Terebratulida, all representing the Cathaysian bioprovince for this area in the Western Paleotethys. Accordingly, four Wuchiapingian biozones, including Araxilevis intermedius Zone, Araxilevis intermedius-Permophricodothyris ovata Interval zone, Permophricodothyris ovata Zone, and Transcaucasathyris araxensis Zone, have been detected. These biozones correlate well through the other stratigraphic sections of the Julfa area in the Ali Bashi and Zal Mountains, Dorasham section in the Transcaucasia, Hembast Formation in the Abadeh area, and Nesen Formation in the central Alborz, approving the potential of these brachiopods in biocorrelation at a regional scale in the Late Permian.

1. Introduction

The classic study by Stepanov et al. (1969) on the Permian-Triassic succession in the west of Julfa (= Jolfa, Dzhulfa) city was the first step in knowing this important sequence to investigate the continuous Paleozoic-Mesozoic boundary interval in Iran. They introduced and named different stratigraphic units of the succession in the form of eight rock units as A (Genishik Beds), B (Khachik Beds), C (Lower Julfa Beds), D (Upper Julfa Beds), E (Permian-Triassic Transition Beds), F (Paratirolites Limestone), G (Lower Elikah Formation) to H (Upper Elikah Formation) and made a comprehensive comparison with similar units in the famous Dorasham sections in the Transcaucasia. This study was followed by Teichert et al. (1973), who unified the E and F units of


Stepanov et al. (1969) into a new lithostratigraphic unit, the Ali Bashi Formation. In the last two decades, significant investigations have been carried out on the various paleontological aspects of conodonts (Kozur, 2004; Ghaderi et al., 2014a), brachiopods (Ghaderi et al., 2014b, 2015), ammonoids (Korn et al., 2016, 2019; Kiessling et al., 2018; Ghanizadeh Tabrizi et al., 2022) and ostracodes (Gliwa et al., 2020a) as well as different stratigraphic perspectives such as lithostratigraphy (Leda et al., 2014; Gliwa et al., 2020b), biostratigraphy (Kozur, 2005; Shen and Mei, 2010; Ghaderi et al., 2014a,b), sequence stratigraphy (Arefifard and Baud, 2022) and isotopic geochemistry (Korte et al., 2004; Schobben et al., 2015, 2017, 2019,

* Corresponding author: Abbas Ghaderi; E-mail: aghaderi@um.ac.ir

Citation:

Mohammadi, P., Ghaderi, A., and Ashouri, A.R., 2023. Lithostratigraphy and biostratigraphy of Wuchiapingian succession in the Qareh-Goz section (south of Julfa, northwest of Iran) based on brachiopods. Scientific Quarterly Journal, GEOSCIENCES, 33(2), 128, 239-258. <https://doi.org/10.22071/gsj.2022.366479.2036>

E-ISSN: 2645-4963; Copyright©2023 G.S. Journal & the authors. All rights reserved.

 doi: 10.22071/gsj.2022.366479.2036

 doi: 20.1001.1.10237429.1402.33.2.11.0



This is an open access article under the by-nc/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Gliwa et al., 2022) on this area. However, the Qareh-Goz stratigraphic section in the Dareh-Diz region, south of Jolfa city, has received less attention, and no particular stratigraphic and paleontological research has been done on it. The paleontological features of this section have been investigated in this research based on the study of the brachiopods, conducting a biostratigraphic comparison with similar sections in the region, the sections in the north of Abadeh and central Alborz.

2. Research Methodology

The brachiopod specimens have been collected in situ from the shale, marl, and limestone rocks of the Julfa Beds. To study systematic paleontology, in addition to their biometric measurements, various features such as the shell ornamentations, spines, rugas, fold and sulcus, interarea, umbo size and direction, commissure, etc. have been investigated, and a comparison with similar specimens from other parts of Iran (Angiolini and Carabelli, 2010; Ghaderi et al., 2014b; Veriatti et al., 2021), Transcaucasia (Ruzhencev and Sarytcheva, 1965), South China (Xu and Grant, 1994; Shen and Shi, 2007) has been made. Interpretation of the brachiopod's settling preferences has been done based on Angiolini and Carabelli (2010), and recognition of their paleobiogeographic affinity is mainly based on Shen and Shi (2000) and Shen et al. (2000).

3. Results

In the present study, 21 species from 11 genera, including *Araxathyris abichi*, *Araxathyris felina*, *Araxathyris protea*, *Araxathyris quadrilobata*, *Araxilevis intermedius*, *Leptodus nobolis*, *Orthothetina* cf. *persica*, *Orthotichia* cf. *avushensis*, *Permophricodothyris ovata*, *Rhipidomella* sp., *Rostranteris* sp., *Sarytchevinella djulfensis*, *Spinomarginifera ciliata*, *Spinomarginifera helica*, *Spinomarginifera iranica*, *Spinomarginifera spinosocostata*, *Spinomarginifera Transcaucasathyris araxensis*, *Transcaucasathyris lata*, *Transcaucasathyris minor* and *Tschernyschewia typica* belonging to the orders Athyridida, Orthotetida, Orthida, Productida, Spiriferida and Terebratulida have been determined. Among them, Productida, with a frequency of 55%, and Athyridida, with a frequency of 35%, are the most dominant orders in this section.

4. Discussions and Conclusion

The brachiopod biodiversity decreased from the Lower Julfa beds through the Upper Julfa Beds and Ali Bashi Formation. Based on the vertical distribution of these brachiopods in the range of Lower Julfa Beds, a biozonation is presented as follows for this sequence:

1. *Araxilevis intermedius* Zone: This range zone with a thickness of 9.10 meters is located in the lower half of the Lower Julfa beds, corresponding to the presence of Wuchiapingian *Araxilevis*

intermedius. Green-to-gray shales and gray-to-green marly limestones constitute the dominant lithology of this zone. This biozone is equal to the *Araxilevis-Orthothetina* Assemblage biozone in west Julfa (Stepanov et al., 1969), the *Araxilevis intermedius* biozone in the Main Valley section of the Ali Bashi Mountains (Ghaderi et al., 2014b) and the *Araxilevis intermedius* biozone in the Zal section (Ghaderi et al., 2015). It is also comparable to *Araxilevis* Biozone in the Transcaucasia (Ruzhencev and Sarytcheva, 1965), a similar biozone called *Araxilevis intermedius* in the Lower Nesen Formation in the central Alborz Mountains (Angiolini and Carabelli, 2010) and the *Araxilevis intermedius-Leptodus nobilis* biozone in the Hambast Formation of the Abadeh section (Viaretti et al., 2021).

2. *Araxilevis intermedius-Permophricodothyris ovata* Interval zone:

The beginning of this biozone is determined by the last occurrence of *Araxilevis intermedius*, and its end coincides with the first occurrence of *Permophricodothyris ovata*. It contains 4.5 meters of fossiliferous rocks in the middle part of the Lower Julfa beds. Brachiopods such as *Araxathyris protea*, *Sarytchevinella djulfensis*, *Spinomarginifera helica*, *Spinomarginifera spinosocostata*, *Transcaucasathyris lata*, and *Tschernyschewia typica* are present as associate species in this range. The dominant lithology of this range includes gray shales with thin layers of gray to brown nodular limestones. This biozone is equivalent to the lower part of the *Permophricodothyris ovata* biozone in the Main Valley section in the Ali Bashi Mountains (Ghaderi et al., 2014b) and the Zal section (Ghaderi et al., 2015), confirms the early Wuchiapingian age for this part of the succession.

3. *Permophricodothyris ovata* Zone:

This biozone, with 8.20 meters in thickness, corresponds to the presence of *Permophricodothyris ovata* in the upper half of the Lower Julfa beds. Lithologically, green to gray shales and gray-to-brown limestones are the main rocks of this interval. *Araxathyris abichi*, *Araxathyris felina*, *Araxathyris minor*, *Araxathyris protea*, *Araxathyris quadrilobata*, *Rostranteris* sp., *Sarytchevinella djulfensis*, *Spinomarginifera helica*, *Spinomarginifera iranica*, *Transcaucasathyris araxensis*, and *Transcaucasathyris lata* are other important brachiopods in this biozone. This middle Wuchiapingian biozone is equivalent to the *Pseudogastrioceras-Oldhamenia* Assemblage Zone in west Jolfa (Stepanov et al., 1969), the upper part of the *Permophricodothyris ovata* biozone in the Main Valley section of the Ali Bashi Mountains (Ghaderi et al., 2014b) and the Zal section (Ghaderi et al., 2015). It is also comparable to the layers containing *Araxoceras-Oldhamina* in the Dorasham section in Nakhchivan (Ruzhencev and Sarytcheva, 1965). Moreover, the middle-upper part of this range is equivalent

to the *Permophricodothyris ovata-Araxathyris quadrilobata* biozone in the Hambast Formation, which was recently reported (Viaretti et al., 2021).

4. *Transcaucasathyris araxensis* Zone: This range biozone with a thickness of 8.25 meters includes the entire range of the *Transcaucasathyris araxensis* and is equivalent to the lower half of the Upper Julfa Beds. Cream to pink and brown platy and nodular limestones and red shales are the main rocks of this interval. *Transcaucasathyris minor* is another brachiopod present in this biozone. This late Wuchiapingian biozone is equivalent to the *Haydenella-Pseudowellereella* Assemblage Zone in the Ali Bashi Mountains (Stepanov et al., 1969), the *Haydenella kiangsiensis* biozone in the Main Valley section of the Ali Bashi Mountains (Ghaderi et al., 2014b), the *Transcaucasathyris araxensis* biozone in the Zal section (Ghaderi et al., 2015), the *Vedicoceras-Haydenella* Beds in the Dorasham section (Ruzhencev and Sarytcheva, 1965), and the *Haydenella kiangsiensis-Transcaucasathyris minor* biozone in the Hambest Formation of the Abadeh section (Viaretti et al., 2021).

The study of the brachiopod settling preferences in the sequence

of Julfa Beds indicates five different patterns of lifestyle, including free-living and semi-infaunal small to medium convex-concave spiny productid shells, large convex-concave shells with stout halteroid spines, pediculate shells with relatively large pedicle opening, orthotetids with koskinoid perforation allowing the formation of pedicle threads that are further stabilized by penetration of the elongate umbo, and cemented taxa which are attached on harder substrates. Based on this, the dominance of different spinoid taxa in the lower parts of the Lower Julfa beds proposes the firmground substrates of low-energy environments. In contrast, the upper part of these Beds, with the development of pediculate taxa, suggests higher energy conditions. The less diversified association that characterizes the Upper Julfa Beds is overwhelmingly dominated by pediculate taxa of smaller size than the fauna in the lower beds. The dominance of pelagic ammonoids and conodonts instead of brachiopods in the Upper Julfa Beds and Ali Bashi Formation suggests a deepening upward trend from rich nutrient settings below fair-weather wave base into the deep-water meager nutrient substrates below the storm weather wave base in agreement with lithological and sedimentological data.

سنگ چینه‌نگاری و زیست‌چینه‌نگاری توالی‌های ووچیاپینگین در برش قره‌گز (جنوب جلفا، شمال باختر ایران) برپایه بازوپایان

پریسا محمدی^۱، عباس قادری^{۱*} و علیرضا عاشوری^۱^۱ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

ناحیه جلفای آذربایجان یکی از مهمترین مناطق شناخته شده در حاشیه جنوبی اقیانوس پالئوتتیس است که توالی رسوبی دریایی پیوسته‌ای از گذر پرمین به تریاس را در خود جای داده است. لایه‌های جلفای پایینی و بالایی در برش چینه‌شناسی قره‌گز (جنوب جلفا) با ۴۱ متر ستبر، با وجود آن که دربردارنده ردیف رسوبات کامل و غنی از سنگواره‌ای در این بازه زمانی می‌باشند، تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. پژوهش حاضر به مطالعه زیای بازوپایان لایه‌های جلفا در این منطقه می‌پردازد. در این مطالعه، ۱۱ جنس و ۲۱ گونه از راسته‌های *Araxilevis intermedius Zone*، *Orthotetida*، *Orthida*، *Productida*، *Spiriferida* و *Terebratulida* شناسایی شده‌اند که همگی معرف ایالت زیستی کاتاسین برای این ناحیه از پالئوتتیس باختری می‌باشند. بر این اساس، چهار زیست‌پهنه مختلف شامل *Araxilevis intermedius Zone*، *Permophracodothyris ovata Interval zone*، *Permophracodothyris ovata Zone* و *Transcaucasathyris araxensis Zone* معرفی شده‌اند که گویای سن ووچیاپینگین برای توالی مورد مطالعه می‌باشند. این زیست‌پهنه‌ها تطابق خوبی با دیگر برش‌های چینه‌شناسی ناحیه جلفا در کوه‌های علی‌باشی و زال، برش دورآشام در قفقاز جنوبی، سازند همبست در ناحیه آباد و سازند نسن در البرز مرکزی نشان می‌دهند و گویای اهمیت این بازوپایان در انجام تطابق زیستی در مقیاس منطقه‌ای در بازه زمانی پرمین پسین هستند.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:

بازوپا

پرمین

تریاس

جلفا

لوپینگین

ووچیاپینگین

۱- پیش‌نوشتار

نوشتار حاضر به مطالعه چینه‌شناسی و دیرینه‌شناسی ردیف رسوبات لوپینگین (= پرمین بالایی) در برش چینه‌شناسی قره‌گز، کوه‌های دره‌دیز، جنوب شهر جلفا در شمال باختر ایران می‌پردازد. ویژگی‌های دیرینه‌شناختی توالی یادشده در این پژوهش با تکیه بر مطالعه زیای بازوپایان موجود، مورد بررسی قرار گرفته و ضمن انجام مقایسه زیست‌چینه‌ای با توالی‌های رسوبی مشابه در منطقه، مقایسه‌ای با زیای مشابه گزارش شده از نواحی شمال آباد در استان فارس، البرز مرکزی و قفقاز جنوبی نیز صورت گرفته است. با این مقدمه، توجه به اهمیت شناخت جغرافیای دیرینه در مطالعات دیرینه‌شناختی ضروری است و متعاقب آن تفسیر صحیح زیست‌جغرافیای دیرینه نیز در گروی توجه به این مهم است. به‌ویژه به هنگام مطالعه زیای کف‌زی که به رخساره‌ها وابستگی دارند و تغییر محیط و جغرافیا، محدودکننده زیست‌بوم آنها هستند (Eide, 2005)، اطلاع از سرگذشت دیرینه‌جغرافیایی مناطق مختلف باید مدنظر قرار گیرد.

در نواحی جنوبی و باختری شهر جلفا در استان آذربایجان شرقی نیز همانند ایران مرکزی و البرز، پس از پایداری نسبی پی‌سنگ پرکامبرین، رسوبات دریایی کم ژرفایی با نام عمومی پوشش پلاتفرمی پالئوزویک انباشته شده‌اند (Stocklin, 1968). این پوشش پلاتفرمی که به ویژه در گذر پرمین به تریاس حائز اهمیت جهانی است (Stepanov et al., 1969)، شامل توالی‌های یکنواختی از سنگ‌های رسوبی قاره‌ای و برقاره‌ای پروتروزویک پسین تا تریاس میانی است که در قاعده و رأس توسط ناپوستگی‌های مهمی محدود شده‌اند. اولین بار شنگور (Sengör, 1979) واژه بلوک سیمین را برای ریزقاره نوارمانندی که اقیانوس پالئوتتیس را از نئوتتیس جدا می‌کرده است، استفاده کرد. بازشدگی پالئوتتیس که با جدایش سرزمین‌های هون از حاشیه شمالی گندوانا آغاز می‌شود (Ruban et al., 2007)، در شمال ایران با شواهدی از حضور گسترده بازالت‌های ستبرلایه اردوئین پسین-سیلورین (مجموعه بازالتی سلطان‌میدان)

* نویسنده مسئول: عباس قادری؛ E-mail: aghaderi@um.ac.ir

ماخذ نگاری:

محمدی، پ.، قادری، ع. و عاشوری، ع.، ۱۴۰۲، سنگ‌چینه‌نگاری و زیست‌چینه‌نگاری توالی‌های ووچیاپینگین در برش قره‌گز (جنوب جلفا، شمال باختر ایران) برپایه بازوپایان. فصلنامه علمی علوم زمین، ۳۳ (۲)، ۱۲۸-۲۳۹
<https://doi.org/10.22071/gsj.2022.366479.2036>

doi: 10.22071/gsj.2022.366479.2036

doi: 20.1001.1.10237429.1402.33.2.11.0

حقوق معنوی مقاله برای فصلنامه علوم زمین و نویسندگان مقاله محفوظ است.

This is an open access article under the by-nc/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

پهنه سنندج - سیرجان در زمان پرمین - تریاس نیز به خوبی نمایش داده شده که پاسخگوی مناسبی برای سؤالات اساسی درباره شباهت زیاد رخساره‌ای توالی این دو ناحیه دور از هم در زمان یاد شده می‌باشد (شکل ۱- C).

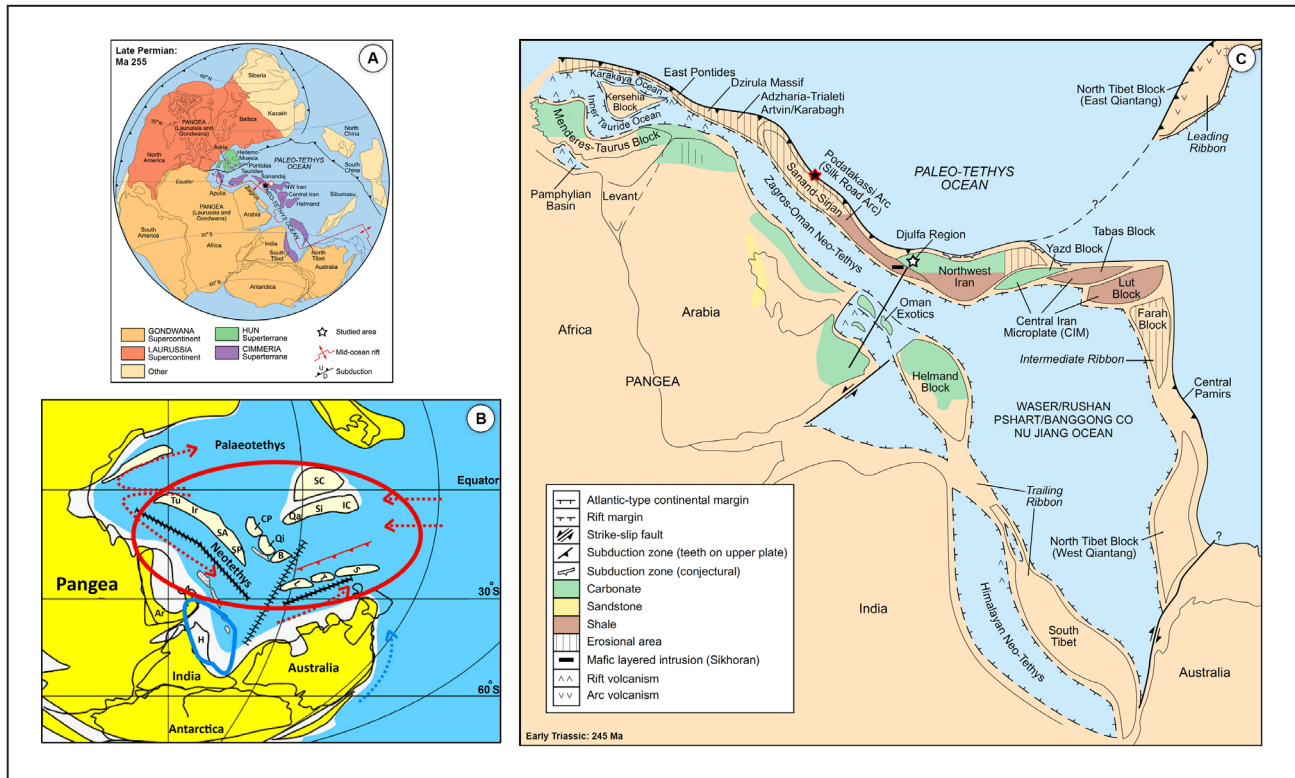
افزون بر این، اگرچه سرزمین قفقاز در زمره سرزمین‌های سیمیریا توسط اشتامفلی و بورل (Stampfli and Borel, 2002) معرفی نشده، اما به نوشته روبان و همکاران (Ruban et al., 2007) حداقل در بخش جنوبی (= قفقاز کوچک) جزیی از سیمیریاست و به نظر می‌رسد این سرزمین همراه با دیگر بلوک‌های سیمیرین، پس از جدایی از گندوانا به سوی شمال حرکت کرده است. نکته دیگر آن که شباهت بسیار سرزمین قفقاز جنوبی با ایران شمال باختری و به‌ویژه قرابت غیرقابل انکار توالی‌های رسوبی پرمین - تریاس این نواحی با یکدیگر، نشان‌دهنده ارتباط این سرزمین با بلوک ایران شمال باختری است. جایگاه جغرافیایی کنونی این منطقه و همبری آن با ایران شمال باختری بدون هیچ‌گونه واسطه‌ای و البته تفاوت در داده‌های دیرینه‌مغناطیسی و دیرینه‌شناسی آن با قفقاز شمالی (= قفقاز بزرگ)، نشانگر این دیدگاه است (برای مثال: Gamkrelidze, 1986). با این حال، ردیف رسوبات پرمین - تریاس در البرز در مقایسه با منطقه جلفا از تکامل کمتری برخوردار بوده و با یک نبود رسوبی مشخص در مرز این دو دوره زمانی همراه هستند (Stepanov et al., 1969)؛ اگرچه آنجیولینی و همکاران (Angiolini et al., 2010) به مرز پیوسته پرمین - تریاس در برش رودخانه الیکا در البرز مرکزی نیز اشاره داشته‌اند.

۲- پیشینه پژوهش

مطالعه قدیمی و بسیار مهم استپانوف و همکاران (Stepanov et al., 1969) بر روی توالی پرمین - تریاس در باختر شهر جلفا، اولین گام در راستای شناخت این ردیف رسوبات و بررسی مرز پیوسته بازه زمانی یاد شده در ایران بوده است. این مطالعه که به معرفی و نامگذاری واحدهای چینه‌شناسی مختلفی در قالب واحدهای سنگی هشت گانه A تا H و انجام مقایسه جامعی با واحدهای مشابه در برش‌های چینه‌شناسی معروف دورآشام در قفقاز جنوبی در ماورای مرزهای جغرافیایی ایران منجر شده است، توسط تایخرت و همکاران (Teichert et al., 1973) دنبال شده و تکامل یافته است. در دو دهه اخیر نیز بررسی‌های قابل توجهی از جنبه‌های مختلف دیرینه‌شناسی کنودونت‌ها (Kozur, 2004; Ghaderi et al., 2014a)، بازویان (Ghaderi et al., 2014b, 2015)، آمونوئیدها (Kiesling et al., 2018)؛ استراکدها (Korn et al., 2016, 2019)؛ غنی‌زاده‌تبریزی و همکاران، (۱۴۰۱)، استراکدها (Gliwa et al., 2020a) و نیز دیدگاه‌های مختلف چینه‌شناختی همچون سنگ‌چینه‌نگاری (Leda et al., 2014; Gliwa et al., 2020b)، زیست‌چینه‌نگاری (Kozur, 2005; Shen and Mei, 2010; Ghaderi et al., 2014a,b) چینه‌نگاری سکانسی (Arefifard and Baud, 2022) و ژئوشیمی رسوبی و ایزوتوپی (Korte et al., 2004; Schobben et al., 2015, 2017, 2019; Gliwa et al., 2022) بر روی این ناحیه انجام شده است. با این حال، برش چینه‌شناسی قره‌گز در جنوب شهر جلفا کمتر مورد توجه بوده و بررسی چینه‌نگاری و دیرینه‌شناختی قابل ذکری بر روی آن صورت نگرفته است.

شناخته شده است (Stampfli et al., 2013; Bagheri and Stampfli, 2008)؛ اگرچه آلوارو و همکاران (Alvaro et al., 2022) فرایند تشکیل این بازالت‌ها را در قالب مراحل مختلف یک رویداد تکنونوماگمایی مطابق با الگوی کافت فعال (Natal'in and Sengör, 2005) و حاصل بالآمدگی پی‌درپی گوشته و گنبدی شدن لیتوسفر می‌دانند. در این دیدگاه، پالس‌های بالآمدگی گوشته در البرز خاوری در در زمان میانولینگین - اردویسین میانی، به تولید بازالت‌های قلی در زمان سندبین، فوران‌های آتش‌فشانی هیرنانتین درون شیست‌های گرگان و تشکیل مجموعه آتشفشانی - آواری سلطان‌میدان در زمان کاتین - لاندوری شده است. با ایجاد برآمدگی‌های حاشیه کافتی در سیلورین، نهشت ردیف رسوبات معادل با سازند پادها (سازند میغان در نوشته Alvaro et al., 2022) به سن دونین (۴امزین - ایفلین) در شمال ایران ادامه یافته (Aharipour et al., 2010) و سپس با توسعه هماتاف مافیگک منطقه میشو به سن کربنیفر پیشین که یادآور پوسته‌های اقیانوسی است، دنبال می‌شود (Saccani et al., 2013). ضمن توسعه پالتوتیس و کوچک شدن پروتوتیس در پالتوئوتیک پسین (Ruban et al., 2007)، بلوک‌های سیمیرین یا سرزمین سیمیریا به دیرینگی ادیاکارن- کامبرین (Hassanzadeh et al., 2008)؛ (Shafaii Moghadam et al., 2015) که خود شامل بلوک‌های آپولیا یا ایتالای کنونی، توریدز یا ترکیه کنونی، سنندج - سیرجان، البرز - ایران شمال باختری، ایران مرکزی، هلمند و تبت شمالی هستند (Torsvik and Cocks, 2004) و تا پالتوئوتیک پسین پری گندوانایی قلمداد می‌شوند، از حاشیه شمالی گندوانا جدا شده‌اند. در اثر این اشتقاق، اقیانوس نئوتیس نیز در کربنیفر پیشین (Jamei et al., 2021) تا پرمین شروع به باز شدن نموده و رفته‌رفته توسعه یافته است (شکل ۱- A و B). همزمان با گسترش نئوتیس، بلوک‌های سیمیرین با حرکت رو به شمال به درون اقیانوس پالتوتیس کشیده شده و در نتیجه فرورانش پالتوتیس، با برخورد این بلوک‌ها به اوراسیا و وقوع رویداد کوهزایی انوسیمیرین، پالتوتیس در زمان تریاس پسین بسته شده است (برای مثال: Berberian and King, 1981; Zanchi et al., 2009).

به نوشته شنگور (Sengör, 1990)، رویداد شکستگی سیمیریا و جدایش آن از گندوانا در قالب سه نوار یا باریکه مختلف، به ترتیب از شمال به جنوب، به نام نوارهای پیشناز، میانی و دنباله صورت گرفته است. بخش‌های ایرانی سرزمین سیمیریا شامل ایران مرکزی (بلوک‌های یزد، طبس و لوت)، البرز - ایران شمال باختری و سنندج - سیرجان در نوار میانی جای داشته‌اند. در میان بلوک‌های سیمیرین، سرزمین‌های شمال باختر ایران - البرز و سنندج - سیرجان نواحی هستند که از اهمیت زیادی در ارتباط با موضوع مورد بحث در این نوشتار برخوردارند. کوه‌های البرز و شمال باختر ایران در برخی منابع در قالب یک بلوک واحد از بلوک‌های سیمیرین به نام بلوک ایران شمال باختری (Ruban et al., 2007) و در برخی منابع با نام ایران شمالی (Garbelli, 2017) در نظر گرفته شده‌اند. لازم به یادآوری است شنگور (Sengör, 1990) با قرار دادن بخش‌های ایرانی در نوار میانی بلوک‌های سیمیرین، منطقه جلفای آذربایجان را در مرکز این نوار یعنی در بلوک ایران شمال باختری جای داده است. جالب آن که در این بازسازی، قرابت جغرافیای دیرینه بسیار زیاد منطقه جلفا در پهنه ایران شمال باختری با ناحیه آبنده فارس در حاشیه شمالی



شکل ۱- جغرافیای دیرینه لوپینگین: A) موقعیت بلوک‌های سیمیرین (رنگ بنفش) در زمان لوپینگین و موقعیت منطقه مورد مطالعه در بلوک ایران شمال باختری (ستاره سفید)، برگرفته از رویان و همکاران (Ruban et al., 2007)؛ B) بازسازی جغرافیای دیرینه سرزمین‌های پری گندوانایی و پالتوتیس با تمرکز بر بلوک‌های سیمیرین در انتهای پرمن، نمایش موقعیت بلوک ایران، جریان‌های آب گرم (پیکان‌های قرمز رنگ) و سرد (پیکان‌های آبی رنگ) و جایگاه ایالت‌های زیستی کاتاسین و هیمالین به ترتیب در داخل کادر قرمز و آبی رنگ، برگرفته از ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2013) (نشانه‌های اختصاری: Ar. Arabia; B. Baoshan Block; CP. Central Pamir; H. Himalaya Tethys Zone in southern Tibet; IC. Indochina Block; Ir. Iran; L. Lhasa Block; Qa. Qamdo Block; Qi. Qiangtang Block; S. Sibumasu Block; SA. South Afghanistan; SC. South China; Si. Simao Block; SP. South Pamir; T. Tengchong Block; Tu. Turkey)؛ C) مدل بازسازی شده توسط شنگور (Sengör, 1990) در نوشته رویان و همکاران (Ruban et al., 2007) برای نمایش جایگاه نوار میانی جدایش بلوک‌های سیمیرین از حاشیه شمالی گندوانا و قرابت جغرافیایی منطقه جلفا در بلوک ایران شمال باختری (ستاره سفید) با ناحیه آباد در حاشیه شمالی بلوک سندج - سیرجان (ستاره سیاه).

Figure 1. Paleogeography of Lopingian: A) location of Cimmerian blocks (purple color) in the Lopingian and the location of the studied area in the Northwest Iran block (white star), from Ruban et al. (2007); B) Paleotethys ocean at the north of Pre-Gondwana terrains and the position of Cimmerian blocks at the end of the Permian, with emphasis on the position of Iran block, the warm (red arrows) and cold (Blue arrows) water currents, and the location of the Cathaysian and Himalayan provinces, respectively, inside the red and blue curve, from Zhang et al. (2013) (Abbreviations: Ar. Arabia; B. Baoshan Block; CP. Central Pamir; H. Himalaya Tethys Zone in southern Tibet; IC. Indochina Block; Ir. Iran; L. Lhasa Block; Qa. Qamdo Block; Qi. Qiangtang Block; S. Sibumasu Block; SA. South Afghanistan; SC. South China; Si. Simao Block; SP. South Pamir; T. Tengchong Block; Tu. Turkey); C) Plate-tectonic reconstruction model of the Early Triassic by Sengör (1990) in Ruban et al. (2007) to show the position of the middle ribbon of the Cimmerian blocks from the northern margin of Gondwana and the geographical proximity of the Julfa region in the northwest Iran block (white star) with the Abadeh region in the northern margin of the Sanandaj-Sirjan block (black star).

۳- روش مطالعه

جنوبی (Xu and Grant, 1994; Shen and Shi, 2007) صورت گرفته است. تصویربرداری از بازوپایان با روش سفیدسازی (whitening) توسط پمپاژ بخار آمونیم کلراید بر روی سطح نمونه‌ها و به کمک دوربین عکاسی Canon EOS 60D با لنز ماکرو EF 100mm و لنز EF-S 18-55 همراه با اکستنشن‌های ۱۲، ۲۰ و ۳۶ میلی متری انجام شد و تصاویری با دقت و کیفیت مناسب از نمونه‌های لازم در نماهای مختلف تهیه شد. لازم به یادآوری است همه نمونه‌های مورد مطالعه در مخزن گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد نگهداری می‌شوند.

بازوپایان مورد بحث در این پژوهش به صورت کاملاً برجا و از درون لایه‌های شیلی - ماری - کربناتی لایه‌های جلفای پایینی جمع‌آوری شده‌اند. جهت مطالعه دیرینه‌شناسی سیستماتیک، ضمن اندازه‌گیری‌های بایومتریک آن‌ها، ویژگی‌های مختلف نظیر تزئینات سطح کفه‌ها، خارها و روگهای سطحی، فولد و سولکوس، اینتراریا، جهت یابی و اندازه امبو، آرایش کومیش و ... بررسی شده‌اند و مقایسه‌ای نیز با نمونه‌های مشابه از دیگر نقاط ایران (برای مثال: Angiolini and Carabelli, 2010; Ghaderi et al., 2014b; Veriatti et al., 2021)، قفقاز جنوبی (Ruzhencev and Sarytcheva, 1965) و چین

۴- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی عمومی منطقه

برش مورد مطالعه در این پژوهش با مختصات جغرافیایی $38^{\circ} 44' 35''$ عرض شمالی و $38^{\circ} 33' 34''$ طول خاوری، در کوه‌های دره‌دیز، در محدوده منطقه آزاد تجاری - اقتصادی - گردشگری ارس در شمال استان آذربایجان شرقی و به فاصله ۲۸ کیلومتری جنوب شهر جلفا قرار گرفته است (شکل ۲). شهر جلفا، شهر مرزی کوچکی در جنوب رودخانه ارس و در مجاورت مرز ایران با جمهوری نخجوان است و در حد جغرافیایی جنوبی ناحیه کوهستانی که از آن به نام قفقاز جنوبی یاد شده است، قرار دارد؛ اگرچه نام قفقاز معمولاً برای کوه‌های جنوبی ارس استفاده نمی‌شود، اما هیچ شکلی وجود ندارد که واحدهای ساختاری عمده منطقه قفقاز جنوبی در جهت جنوب - جنوب خاوار ادامه یافته و از دره ارس تا آذربایجان ایران گسترده شده‌اند.

ویژگی‌های زمین‌شناسی عمومی ناحیه جلفا - میشوداغ - سهند - تکاب در آذربایجان مشتمل بر فرازمین‌هایی با رخنمون‌های اندک بی‌سنگ پرکامبرین، نبود و یا رخنمون بسیار محدود سنگ‌های رسوبی پروتروزویک - پالتوزویک پیشین، وجود پوششی به نسبت ستر از پلاتفرم پالتوزویک پسین - تریاس، گسترش بسیار محدود و یا نبود سنگ‌های ژوراسیک، وجود نهشته‌های کرتاسه با رخساره کربناته و فیلیشی و نبود رخساره آتشفشانی - آذرآواری در آن، تغییر سریع سنگ‌های آتشفشانی به سنگ‌های رسوبی پالتوزن از سوی خاوار به باختر، حضور سنگ‌های رسوبی مولاسی نئوژن با ستبرای بسیار زیاد، گسترش سنگ‌های آتشفشانی سپری شکل (سهند، آرارات و آراگاتس) و در نهایت تغییر شکل‌های زمین‌ساختی نسبتاً کم شدت است که اغلب به صورت چین‌خورده دیده می‌شوند (Stepanov et al., 1969).

بر خلاف مناطق آق‌داغ، کوه‌ها و زون‌چای که سنگ‌های پرکامبرین - کامبرین آن با آواری‌های سرخ‌رنگ متناسب به پرمین پوشیده شده‌اند، سنگ‌آهک‌های پرمین کوه قره‌گز در جنوب جلفا در سوی خاوری مسیر خط آهن، بر روی توالی ستبری از سنگ‌آهک‌های دونین بالایی - کربنفر زیرین؟ که گاه حاوی میان‌لایه‌هایی از گدازه‌های آتشفشانی و توف هستند، قرار گرفته‌اند. چنین رخساره‌ای در پالتوزویک میانی ایران غیرمعمول است و شاید بتوان آن را ادامه رخساره‌های نیمه‌آتشفشانی ناحیه زانگور در منطقه قفقاز جنوبی دانست (Stepanov et al., 1969). این نهشته‌ها با یک رژیم دریایی کم ژرفا که در طول پرمین حاکم بوده و تا تریاس میانی نیز ادامه داشته است، دنبال می‌شوند. با پیش‌روی دریا و ژرف‌تر شدن حوضه پس از حرکات خشکی زایی آغاز پرمین، رسوب‌گذاری پیوسته به تشکیل ستبرای زیادی از سنگ‌آهک‌ها و سنگ‌آهک‌های مارنی منجر شده است. سنگ‌های پرمین - تریاس در بالاآمدگی‌های منطقه جلفا، از دره ارس به سوی نواحی جنوبی شهر جلفا گسترده شده‌اند (عبداللهی و حسینی، ۱۳۷۵). رسوب‌گذاری پرمین بدون وقفه در دوره تریاس هم ادامه داشته و نهشته‌های کربناته پرمین پس از گذر از یک مرحله رسوب‌گذاری سنگ‌آهک‌های خاکستری تیره و گاه چرت‌دار (لایه‌های گنی‌شیک و خاچیک) و شیل‌ها و سنگ‌آهک‌های مارنی و مارن خاکستری، سبز، کرم تا قرمز (لایه‌های جلفای پایینی و بالایی)، به واسطه ستبرایی در حدود ۲۰ متر از شیل، سنگ‌آهک و سنگ‌آهک مارنی خاکستری تا قرمز رنگ (سازند علی‌باشی)، به طور هم‌شیب و پیوسته در زیر سنگ‌آهک‌های نازک لایه ورمیکوله و سنگواره‌دار سازند الیکا به سن تریاس پیشین قرار می‌گیرند (Teichert et al., 1973).

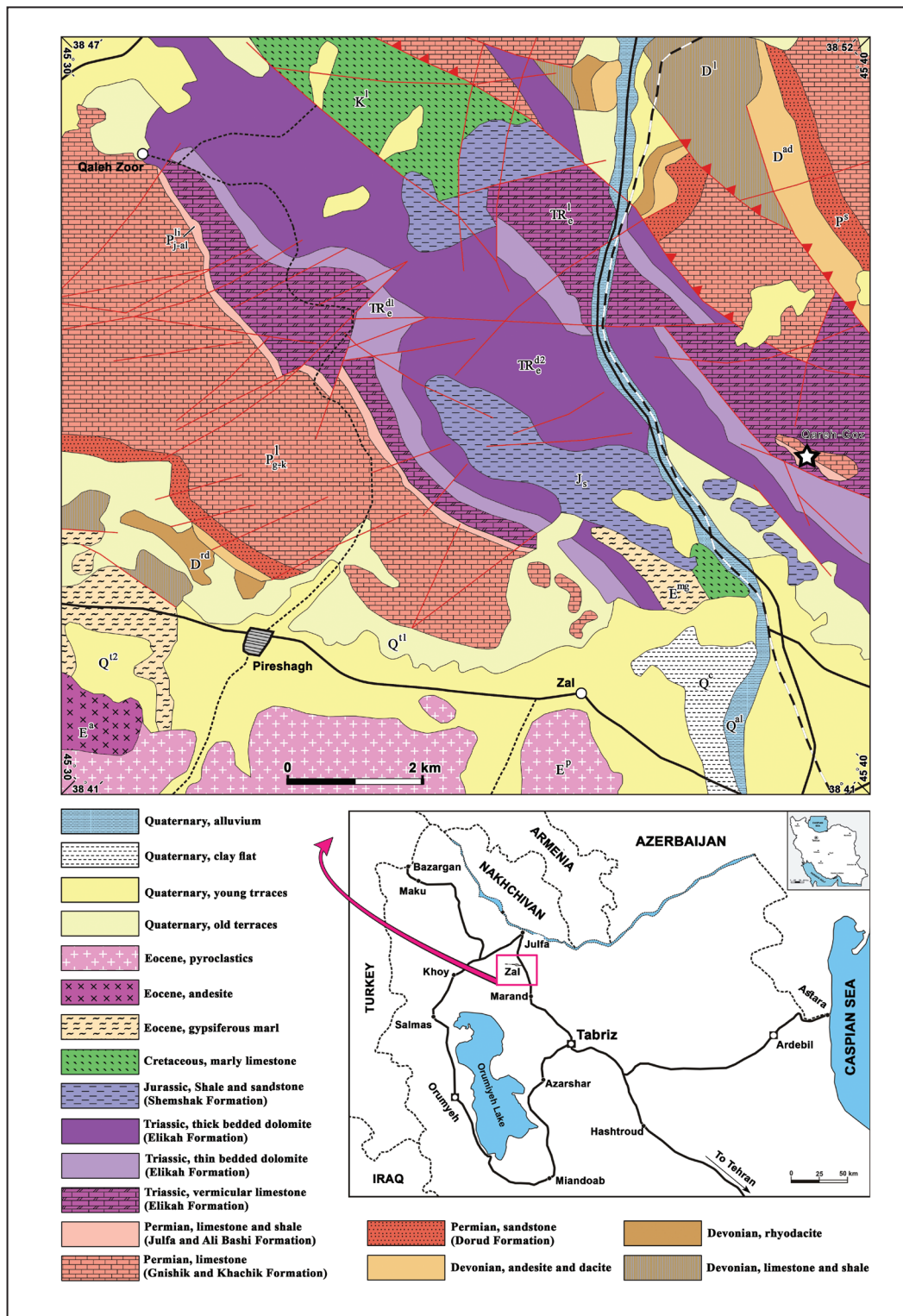
۵- سنگ‌چینه‌نگاری

برش چینه‌شناسی قره‌گز شامل رخنمونی از بخش بالایی لایه‌های خاچیک تا بخش پایینی سازند الیکا است که در قالب یک ساختار چین‌خورده تاقدیسی کاملاً مشخص، قابل ردیابی و برداشت است (شکل ۳- A)؛ اگرچه در نقشه زمین‌شناسی

با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا (عبداللهی و حسینی، ۱۳۷۵) که منطقه مورد مطالعه در آن قرار می‌گیرد، این رخنمون نمایش داده نشده است. پژوهش حاضر متمرکز بر مطالعه بازوپایان به‌دست آمده از لایه‌های جلفا است. این لایه‌ها به‌طور پیوسته و هم‌شیب بر روی سنگ‌آهک‌های خوب لایه‌بندی شده خاکستری تیره تا سیاه‌رنگی به نام لایه‌های خاچیک (= سازند خاچیک در نوشته Ghaderi et al., 2016) قرار گرفته‌اند که به دلیل فراوانی ندول‌های چرتی سیاه‌رنگ در آن، به خوبی شناخته می‌شوند. لایه‌های خاچیک که توسط قادری و همکاران (Ghaderi et al., 2016) در قالب ۹ واحد سنگی مختلف (واحد‌های I تا XI) دسته‌بندی شده‌اند، در بردارنده سنگواره‌هایی از بازوپایان، مرجان‌ها، بریوزوئرها و فوزولینیداها بوده و قابل انطباق با سازند خاچیک در ارمنستان (Ruzhencev and Sarytcheva, 1965) می‌باشند. بالاترین بخش توالی لایه‌های خاچیک که به دلیل داشتن روزن‌داران فوزولینیدی کوچک از جنس *Codonofusiella* به نام سنگ‌آهک‌های حاوی *Codonofusiella* و یا زیست‌پهنه *Codonofusiella-Reichelina* خوانده می‌شود، در برش چینه‌شناسی قره‌گز رخنمونی به ستبرای حدود ۴ متر دارد. این بخش متشکل از سنگ‌آهک‌های خاکستری، سبز تا زرد رنگ متوسط تا ستبر لایه همراه با چند میان‌لایه نازک شیلی بوده و تنها بخش فاقد هرگونه ندول یا نوار چرتی در لایه‌های خاچیک است. ریزرخساره غالب در سنگ‌آهک‌های حاوی *Codonofusiella* در بیشتر برش‌های مطالعه پیشین، و کستون/پکستون بیوکستی دانسته شده (قادری، ۱۳۹۳) و افزون بر *Codonofusiella*، همراهانی از استراکدها، دوکفه‌ای‌های کوچک و جلبک‌های آهکی نظیر *Permocalculus* sp.، *Gymnocodium bellerophonitis* و *Vermiporella niponica* دارد. پرتوآذر (Partoazar, 2002)، سن این واحد را در کوه‌های علی‌باشی در باختر جلفا بر مبنای روزن‌داران به ووچیاپینگین پیشین نسبت داده است. قادری (۱۳۹۳) نیز با معرفی زیست‌پهنه کنودونتی *Clarkina asymmetrica* در بخش بالایی این واحد در کوه‌های علی‌باشی، سن ووچیاپینگین پیشین را برای آن تأیید کرده است.

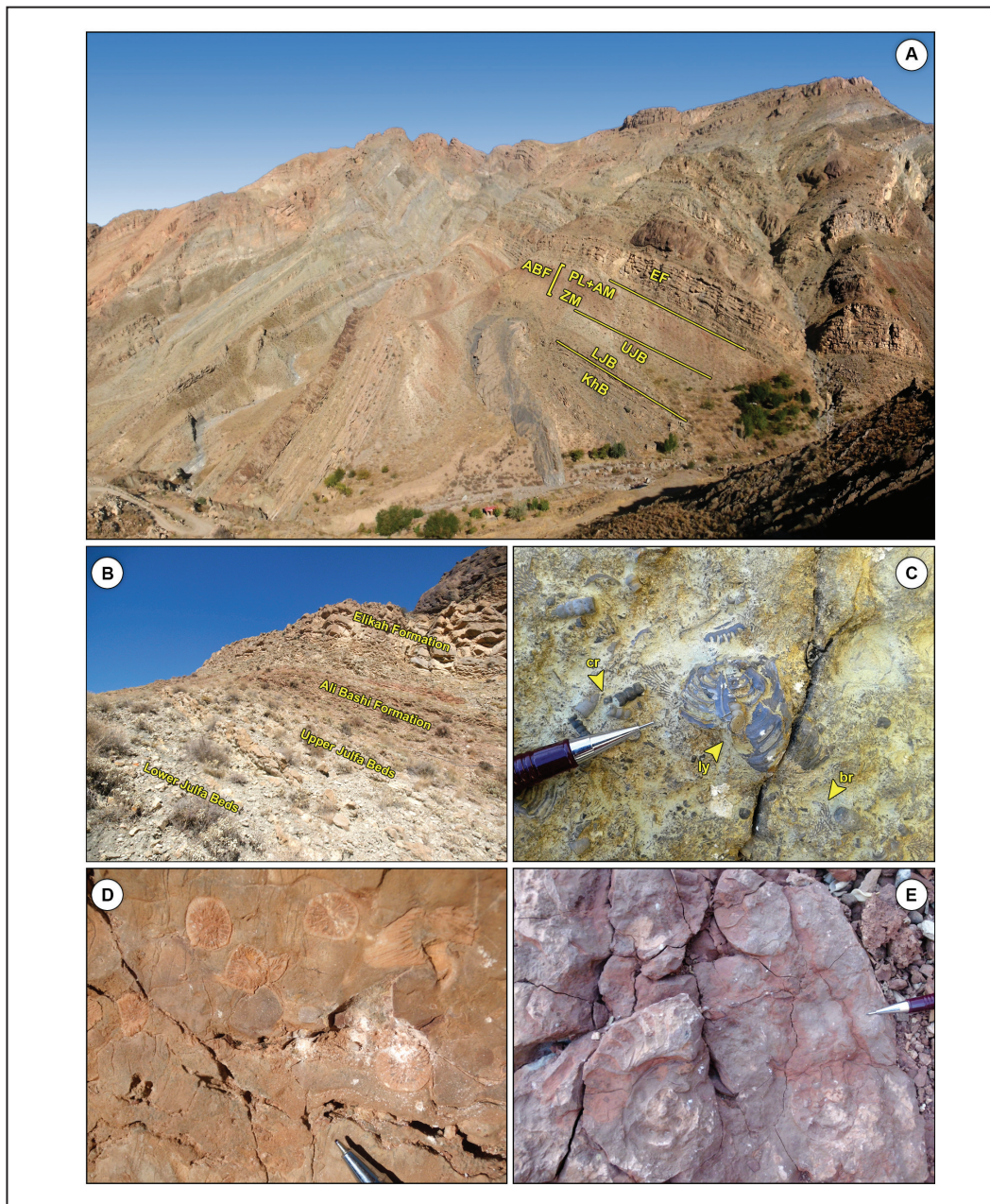
لایه‌های جلفای پایینی و بالایی (= سازند جلفا در نوشته قادری، ۱۳۹۳) در برش چینه‌شناسی قره‌گز روی هم ۴۱ متر ستبرای دارند (شکل ۳- B و ۵) و شامل توالی از شیل‌های سبز تا خاکستری همراه با میان‌لایه‌هایی از سنگ‌آهک‌های خاکستری رنگ در بخش جلفای پایینی (به ستبرای ۲۳/۶۰ متر) و تناوبی از شیل‌های قرمز، خاکستری و سبز با مارن و سنگ‌آهک‌های خاکستری، کرم تا قرمز رنگ نودولار در بخش جلفای بالایی (به ستبرای ۱۷/۴۰ متر) هستند. این لایه‌ها غنی از سنگواره‌های خوب حفظ شده بازوپایان، آمونویدهایی نظیر جنس‌های *Pseudogastrioceras* و *Araxoceras*، ناتیلوئیدها، مرجان‌ها، بریوزوئرها، کربونیدها، شکم‌پایان اندک، بقایایی از ماهی‌ها، روزن‌داران، استراکدها و کنودونت‌ها هستند (شکل ۳- C تا E) و در همه برش‌های چینه‌شناسی منطقه جلفا، به‌طور کلی سن ووچیاپینگین را نشان می‌دهند (قادری، ۱۳۹۳؛ غنی‌زاده تبریزی و همکاران، ۱۴۰۱).

شیل‌ها، لایه‌های چیره در بخش جلفای پایینی هستند، اگرچه سنگ‌آهک‌ها نیز قابل توجه‌اند، ضمن این که برخلاف دیگر برش‌های چینه‌شناسی موجود در ناحیه جلفا، یک سیل دیابازی سبز رنگ به ستبرای ۲/۶ متر در بخش میانی لایه‌های جلفای پایینی نفوذ کرده و به پختگی اندکی در لایه‌های کمرپایین و کمربالای خود منجر شده است. لایه‌های جلفای پایینی در کوه‌های علی‌باشی به دلیل برخورداری از بازوپایان بسیار فراوان توسط پرتوآذر (Partoazar, 2002) به نام پهنه بازوپادار نیز خوانده شده است. به دلیل قرارگیری زیست‌پهنه کنودونتی *Clarkina leveni*، سن این بخش از سازند جلفا در کوه‌های علی‌باشی توسط قادری (۱۳۹۳) و در برش چینه‌شناسی زال توسط عیسی و همکاران (۱۳۹۵)، ووچیاپینگین پیشین - میانی معرفی شده است.



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و موقعیت برش چینه‌شناسی قره‌گزر در کوه‌های دره‌دیز (علامت ستاره)؛ برگرفته از نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا (عبداللهی و حسینی، ۱۳۷۵؛ با تصحیح و رسم دوباره).

Figure 2. Geological map of the studied area and the location of the Qareh-Goz stratigraphic section in Darreh-Diz Mountains (star symbol); from the geological map of Jolfa, scale 1:100000 (modified after Abdullahi and Hosseini, 1375).



شکل ۳- تصاویر صحرایی از توالی لوپینگین در برش چینه‌شناسی قره‌گز: (A) ردیف رسوبات لایه‌های خاچیک (KHB)، جلفای پایینی (LJB)، جلفای بالایی (UJB)، سازند علی‌باشی (ABF) شامل عضو زال (ZM) و آهک‌سنگ‌های حاوی *Paratirolites* (PL) و سازند الیکا شامل عضو ارس (AM) و آهک‌سنگ‌های مطبق حاوی *Claraia* (EF)، جهت دید به سمت شمال باختر؛ (B) نمای نزدیک‌تری از لایه‌های جلفای پایینی و بالایی و سازندهای علی‌باشی و الیکا، جهت دید به سمت شمال؛ (C) سنگواره‌های کف‌زی در آهک‌سنگ‌های خاکستری رنگ لایه‌های جلفای پایینی حاوی بازوپایان لیتونید (ly)، بریوزوئر (br)، و کرینویید (cr)؛ (D) مرجان‌های روگوزای منفرد به طور پراکنده و نادر در آهک‌سنگ‌های قرمز رنگ لایه‌های جلفای بالایی؛ (E) آهک‌سنگ‌های حاوی *Paratirolites* در بخش بالایی سازند علی‌باشی.

Figure 3. Field images of the Lopingtonian succession in the Qareh-Goz stratigraphic section: A) sedimentary sequence of the Khachik (KHB), Lower Julfa Beds (LJB), Upper Julfa beds (UJB), Ali Bashi Formation (ABF) including the Zal Member (ZM) and Paratirolites Limestone (PL) and Elikah Formation including Aras Member (AM) and platy limestones with *Claraia* (EF), view to the northwest; B) a closer view of the lower and upper Julfa Beds and the Ali Bashi and Elikah formations, view to the north; C) benthic fossils in gray limestones of the Lower Julfa Beds containing lyttonid brachiopods (ly), bryozoans (br), and crinoids (cr); D) sparse single rugosa corals in the red limestones of the Upper Julfa Beds; E) Paratirolites Limestone in the upper part of the Ali Bashi Formation.

به عنوان مهمترین کف‌زی‌های ساکن دریا‌های لوپینگین، بازوپایان نقش مهمی در شناسایی و بازسازی سکونتگاه‌های دریایی این زمان در حدفاصل دو رویداد انقراضی ابتدا و انتهای لوپینگین داشته‌اند (قادری، ۱۳۹۷). از این رو شناسایی و زیست‌پهنه‌بندی این سنگواره‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است و به ویژه تلفیق داده‌های زیست‌چینه‌ای و زیست‌بومی مرتبط به آنها به شناخت تحولات محیط زندگی دیرینه آنها در طول زمان کمک شایانی می‌نماید (برای مثال: Angiolini et al., 2010; Ghaderi et al., 2014b; Garbelli, 2017). مطالعه بازوپایان لوپینگین در ایران با گزارش استپانوف و همکاران (Stepanov et al., 1969) از کوه‌های علی‌باشی در ناحیه جلفا آغاز شده و زیست‌پهنه‌بندی کلی برای این ناحیه در قالب زیست‌پهنه‌های تجمعی حاصل از تلفیق داده‌های بازوپایان - آمونویدها ارائه شده است. همچنین گزارش‌های جامعی همراه با توصیف سیستماتیک از زیای بازوپایان مشابه در سازند نسن البرز مرکزی (Angiolini and Carabelli, 2010)، برش حاشیه دره اصلی کوه‌های علی‌باشی (Ghaderi et al., 2014b)، برش زال (قادری و همکاران، ۱۳۹۳) و شمال آباد (Viaretti et al., 2021) ارائه شده است. در پژوهش حاضر، بازوپایان برش چینه‌شناسی کمتر شناخته شده قره‌گزر در کوه‌های دره‌دیز جنوب جلفا معرفی و از دیدگاه زیست‌چینه‌نگاری مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. این بررسی‌ها به شناسایی ۲۱ گونه از ۱۱ جنس مختلف شامل *Araxathyris abichi*, *Araxathyris felina*, *Araxathyris protea*, *Araxathyris quadrilobata*, *Araxilevis intermedius*, *Leptodus nobilis*, *Orthothetina cf. persica*, *Orthotichia cf. avushensis*, *Permophrichodothyris ovata*, *Rhipidomella sp.*, *Rostranteris sp.*, *Sarytchevinella djulfensis*, *Spinomarginifera ciliata*, *Spinomarginifera helica*, *Spinomarginifera iranica*, *Spinomarginifera spinosocostata*, *Spinomarginifera sulcata*, *Transcaucasathyris araxensis*, *Tschermyschewia* و *Transcaucasathyris lata*, *Transcaucasathyris minor* *typica* متعلق به راسته‌های *Athyridida*, *Orthotetida*, *Orthida*, *Productida* و *Spiriferida* و *Terebratulida* منجر شده است (شکل ۴). از میان افراد مختلف یافت شده از این راسته‌ها، *Productida* با فراوانی ۵۵ درصد و *Athyridida* با فراوانی ۳۵ درصد، غالب‌ترین راسته‌های یافت شده در این برش چینه‌شناسی هستند. بر اساس پراکنندگی عمودی این بازوپایان در گستره لایه‌های جلفا، زیست‌پهنه‌بندی به شرح زیر برای این توالی ارائه شده است:

1. *Araxilevis intermedius* Zone

این زیست‌پهنه گستره‌ای با ستبرای ۹/۱۰ متر در نیمه پایینی لایه‌های جلفای پایینی، منطبق بر گستره حضور گونه *Araxilevis intermedius* قرار دارد. شیل‌های سبز تا خاکستری و سنگ‌آهک‌های مارنی خاکستری تا سبز، سنگ‌شناسی چیره گستره این زیست‌پهنه را به خود تشکیل می‌دهند (شکل ۲). سیل دیابازی سبز رنگی با نفوذ به درون لایه‌های جلفای پایینی، توالی سنگی دربردارنده این زیست‌پهنه را دو تکه کرده است، به طوری که بخش انتهایی گستره این زیست‌پهنه در بالای سیل دیابازی یاد شده قابل ردیابی است. از این رو، توالی معادل با این سیل دیابازی به عنوان بخش عقیم در نظر گرفته شده است. از دیدگاه تطابق زیست‌چینه‌ای، این زیست‌پهنه معادل با زیست‌پهنه تجمعی *Araxilevis - Orthotetina* در باختر جلفا (Stepanov et al., 1969)، زیست‌پهنه *Araxilevis intermedius* در برش دره اصلی کوه‌های علی‌باشی (Ghaderi et al., 2014b) و زیست‌پهنه *Araxilevis intermedius* در برش زال (قادری و همکاران، ۱۳۹۳) است. همچنین قابل مقایسه با *Araxilevis* در Biozone در قفقاز جنوبی (Ruzhencev and Sarytcheva, 1965)، زیست‌پهنه مشابهی به نام *Araxilevis intermedius* در سازند نسن پایینی در کوه‌های البرز میانی (Angiolini and Carabelli, 2010) و زیست‌پهنه *Araxilevis intermedius*- در سازند همبست در برش آباد (Viaretti et al., 2021) می‌باشد.

ریزرخساره‌های موجود در توالی‌های این بخش در بیشتر برش‌های چینه‌شناسی موجود در منطقه از نوع مادستون تا وکستون بیوکستی است که در کنار زیای سنگواره‌ای، بخش بالایی شیب قاره پلاتفرم کربناته نوع شلف تا پاشنه شیب و شلف ژرف را تداعی می‌کنند که تحت تأثیر نوساناتی بوده است (قادری، ۱۳۹۳).

لایه‌های جلفای بالایی به‌طور عمده از سنگ‌آهک‌های ندولار نازک تا ستبر لایه و مارن‌های کرم تا صورتی و ارغوانی رنگ سنگواره‌دار تشکیل شده است (شکل ۳-B و ۵) و به دلیل برخورداری از آمونویدهای فراوان (مانند جنس *Vediaceras*)، همراه با لایه‌های سازند علی‌باشی، به نام پهنه آمونویدی نیز خوانده شده است (Partoazar, 2002). کرینویدها، مرجان‌های روگوزا، اسپیکول‌های اسفنج، استراکدها، بقایای ماهی‌ها و کنودونت‌ها، دیگر سنگواره‌های موجود در این بخش هستند. مهمترین ویژگی دیرینه‌زیستی این بخش، کاهش چشمگیر در فراوانی زیای کف‌زی نظیر مرجان‌ها و بازوپایان و افزایش سنگواره‌های جانوران شناگر مانند آمونویدها و کنودونت‌ها بوده است. وجود زیست‌پهنه‌های کنودونتی *Clarkina guangyuanensis* تا *Clarkina orientalis* در لایه‌های جلفای بالایی در برش‌های چینه‌شناسی مختلف کوه‌های علی‌باشی، زال و حاشیه دره ارس سبب شده تا سن ووچیاپینگین میانی - پسین برای این بخش در نظر گرفته شود (قادری، ۱۳۹۳؛ عیسی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Gliwa et al., 2020b). ریزرخساره‌های غالب مادستونی - وکستونی - فلوتستونی حاوی بیوکست‌های مختلف در کنار فابریک ندولار و زیای به‌طور عموم پلاژیک، نشانگر افزایش تدریجی ژرفای حوضه در گذر از لایه‌های جلفای پایینی به بالایی و رسوب‌گذاری در محیط آرام و کم انرژی رمپ بیرونی در زیر سطح اثر امواج طوفانی برای بخش جلفای بالایی است (Leda et al., 2014).

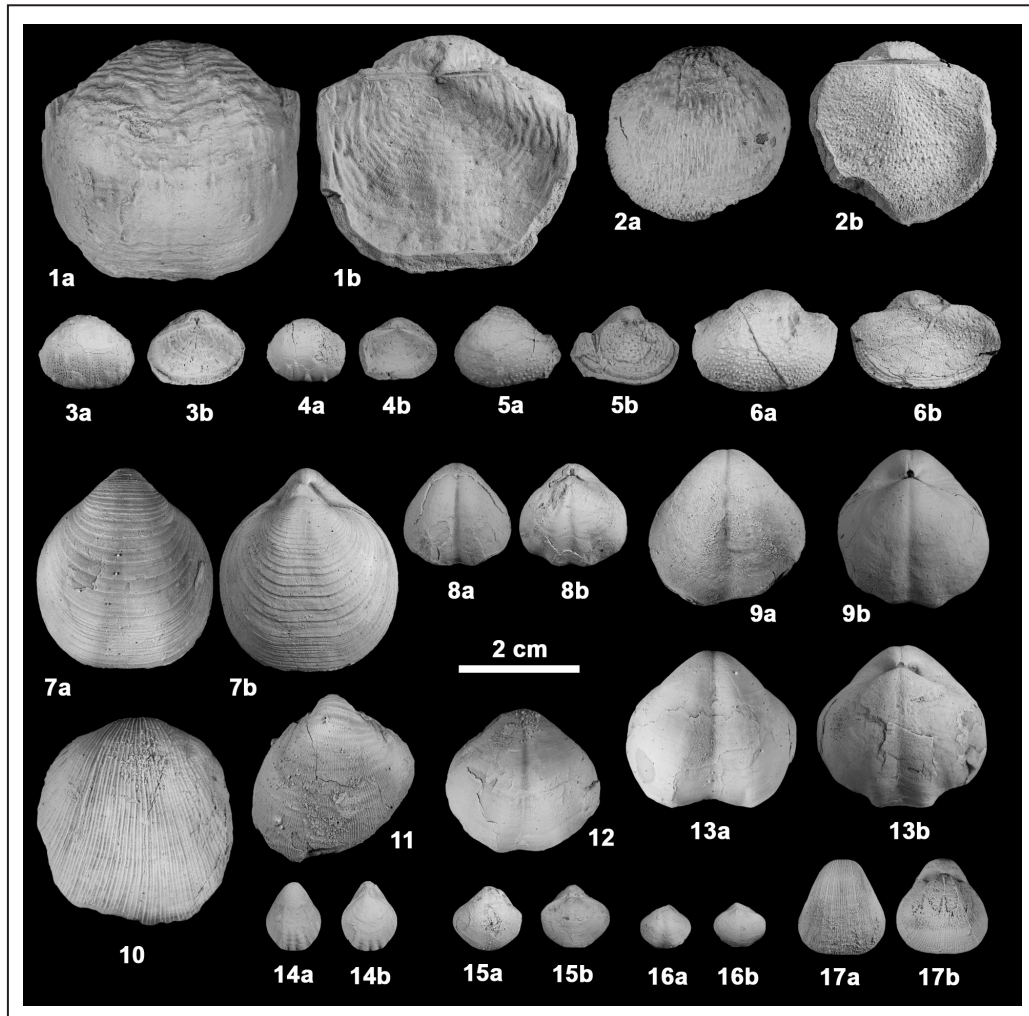
لایه‌های جلفای بالایی به‌طور پیوسته و همشیب با تناوبی از شیل‌های خاکستری، قهوه‌ای، قرمز و سبز رنگ و میان لایه‌های مارنی - سنگ‌آهک متعلق به عضو زال سازند علی‌باشی به ستبرای ۶/۸۵ متر و سپس سنگ‌آهک‌های حاوی *Paratirrolites* این سازند به ستبرای ۳/۶۵ متر پوشیده می‌شوند. آخرین واحد چینه‌شناسی برش قره‌گزر را طبقات سازند الیکا تشکیل می‌دهند که با شیل‌های سرخ رنگ عضو ارس به ستبرای ۰/۲۸ متر آغاز شده و با سنگ‌آهک‌های مطبق حاوی *Claraia* ادامه می‌یابد (شکل ۳-A و ۵). لازم به یادآوری است مرز اشکوب‌های ووچیاپینگین - چانگزینگین در برش‌های چینه‌شناسی مختلف ناحیه جلفا در مرز سازندهای جلفا و علی‌باشی و مرز پرمین - تریاس در رأس عضو ارس سازند الیکا گزارش شده است (Ghaderi et al., 2014a; Korn et al., 2019).

۶- زیست‌چینه‌نگاری

بازوپایان ابزار بسیار مفید و کاربردی برای انجام مطالعات دیرینه‌بوم‌شناختی، شناخت جغرافیای دیرینه و بازسازی اقلیم گذشته می‌باشند چرا که نسبت به تغییرات دمایی و موانع جغرافیایی حساس هستند (Shen, 2018). با این حال، به دلیل ایالتی شدن و روند فرگشتی آهسته، معمولاً به عنوان سنگواره‌های شاخص سنی و پرکاربرد برای اهداف زیست‌چینه‌نگاری در نظر گرفته نمی‌شوند. از سوی دیگر، به دلیل حضور فراوان در طبقات رسوبی پالئوزویک و همراهی آنها با دیگر سنگواره‌های شاخص سنی همچون کنودونت‌ها، آمونویدها و فوزولینیدا، بستر لازم برای مقایسه گستره حضور آنها با زیست‌پهنه‌های استاندارد، دست‌کم در مقیاس منطقه‌ای، فراهم است و از این حیث می‌توان از این گروه سنگ‌واره‌ای برای تطابق زیستی ناحیه‌ای استفاده کرد (Viaretti et al., 2021). همچنین، بازوپایان به دلیل ماهیت بی‌تحرک، توزیع گسترده با فراوانی زیاد در پالئوزویک و مرزوزویک، انعطاف‌پذیری بالا در برابر بیشتر تنش‌های محیطی همچون تغییرات آب و هوایی، گرم شدن کره زمین، اسیدی شدن اقیانوس‌ها، و مقاومت بالای پوسته کلسیتی آنها در برابر تغییرات دیاژنتیکی، برخوردار از اهمیت بالایی برای ثبت مطلوب شاخص‌های اقیانوس‌شناسی هستند (Brand et al., 2019).

در نواحی کوه‌های علی‌باشی و زال، سن ووچیاپینگین پیشین را برای این محدوده از سازند جلفا تأیید می‌کند (شکل ۵).

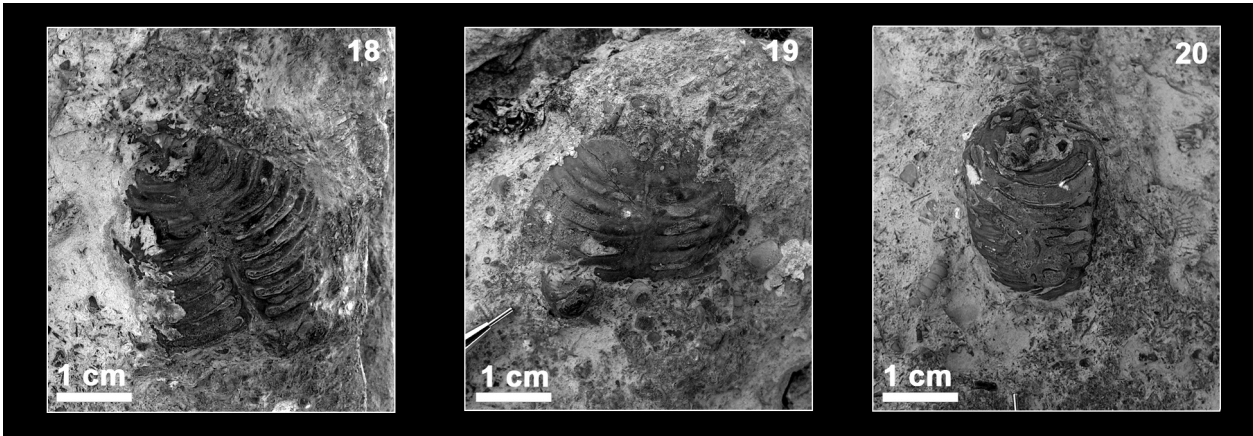
تطابق این زیست‌پهنه با زیست‌پهنه‌های مشابه همانم در برش‌های مختلف منطقه جلفا و نیز با استناد به زیست‌پهنه کنودونتی *Clarkina leveni* گزارش شده از لایه‌های مشابه



شکل ۴- تصاویر منتخبی از بازوپایان معرفی شده در این پژوهش (ادامه در صفحه بعد).

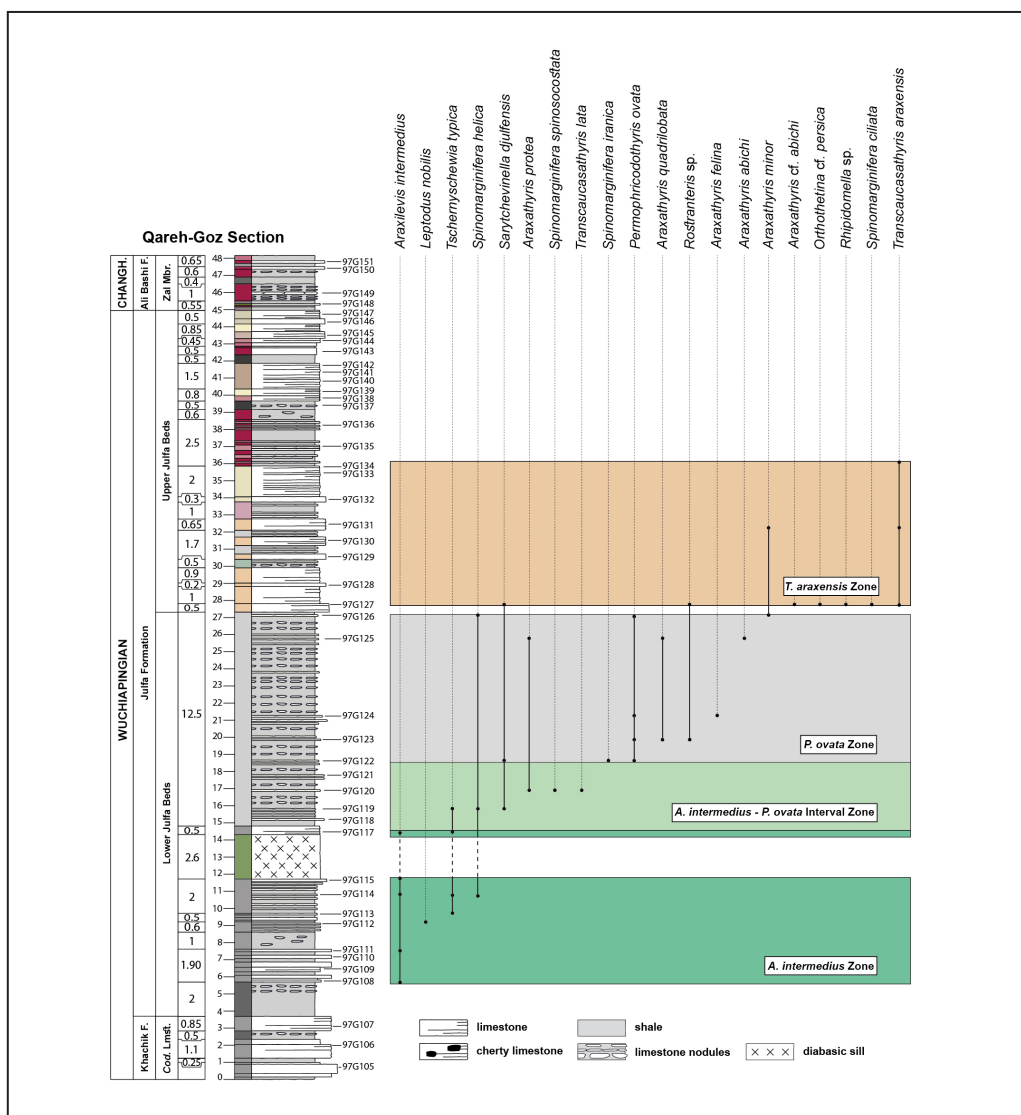
Figure 4. Selected images of brachiopods introduced in this research (continued on the next page).

1- *Araxilevis intermedius* (Abich 1878), 1a. ventral view, 1b. dorsal view, Samp.No.97G108; 2- *Tschernyschewia typica* Stoyanow 1910, 2a. ventral view, 2b. dorsal view, Samp.No.97G117; 3- *Spinomarginifera helica* (Abich 1878), 3a. ventral view, 3b. dorsal view, Samp.No.97G119; 4- *Spinomarginifera spinosocostata* (Abich 1878), 4a. ventral view, 4b. dorsal view, Samp.No.97G120; 5- *Spinomarginifera iranica* Fantini Sestini 1965, 5a. ventral view, 5b. dorsal view, Samp.No.97G122; 6- *Spinomarginifera ciliata* Arthaber 1900, 6a. ventral view, 6b. dorsal view, Samp.No.97G127; 7- *Permophriodothyris ovata* Pavlova 1965, 7a. ventral view, 7b. dorsal view, Samp.No.97G124; 8- *Transcaucasathyris lata* (Grunt in Ruzhencev and Sarytcheva 1965), 8a. ventral view, 8b. dorsal view, Samp.No.97G120; 9- *Araxathyris protea* (Abich 1878), 9a. ventral view, 9b. dorsal view, Samp.No.97G120; 10- *Orthothetina cf. persica*, ventral view, Samp.No.97G127; 11- *Sarytchevinella djulfensis* (Stoyanov, 1910), ventral view, Samp.No.97G119; 12- *Araxathyris quadrilobata* (Abich 1878), ventral view, Samp.No.97G123; 13- *Araxathyris felina* (Arthaber 1900), 13a. ventral view, 13b. dorsal view, Samp.No.97G124; 14- *Rostranteris* sp., 14a. ventral view, 14b. dorsal view, Samp.No.97G123; 15- *Transcaucasathyris araxensis* (Grunt in Ruzhencev and Sarytcheva 1965), 15a. ventral view, 15b. dorsal view, Samp.No.97G123; 16- *Transcaucasathyris minor* (Grunt in Ruzhencev and Sarytcheva 1965), 16a. ventral view, 16b. dorsal view, Samp.No.97G126; 17- *Orthotichia cf. avushensis*, 17a. ventral view, 17b. dorsal view, Samp.No.97G127; (Scale bar for figs. 1-17 is 2 cm).



ادامه شکل ۴-

18- *Leptodus nobilis* (Waagen 1883), Samp.No.97G112; 19-20- *Lytoninae* gen. et sp. ind., Samp.No.97G119.



شکل ۵- ستون چینه‌نگاری، نمودار انتشار قائم بازو پایان و گستره زیست پهنه‌های معرفی شده در برش چینه‌شناسی قره‌گوز.

Figure 5. Stratigraphic log, vertical distribution chart of brachiopods and the range of each biozone in Qareh-Goz section.

Araxilevis intermedius-Permophricodothyris ovata Interval zone .2

شروع این زیست‌پهنه منطبق بر آخرین حضور گونه *Araxilevis intermedius* و پایان آن نیز همزمان با اولین حضور گونه *Permophricodothyris ovata* است. با این توضیح، این بخش مشتمل بر ستبرای ۴/۵ متری سنگواره‌داری در بخش میانی لایه‌های جلفای پایینی است که مرزهای زیرین و بالایی آن، به ترتیب به واسطه پایان و آغاز دو گونه بازوپیای یاد شده در تعریف زیست‌پهنه مشخص می‌گردند. بازوپیایی همچون *Araxathyris protea*, *Sarytchevinella djulfensis*, *Spinomarginifera*, *Transcaucasathyris lata* و *helica*, *Spinomarginifera spinosocostata*, *Tschernyschewia typica* به عنوان گونه‌های همراه در این محدوده حضور دارند. سنگ‌شناسی چیره این گستره شامل شیل‌های خاکستری همراه با لایه‌های نازکی از سنگ‌آهک‌های خاکستری تا قهوه‌ای نودولار است. ردیف رسوبات دربردارنده این زیست‌پهنه از دیدگاه سنگ‌چینه‌ای معادل با طبقاتی است که بخش پایینی زیست‌پهنه *Permophricodothyris ovata* در برش دره اصلی کوه‌های علی‌باشی (Ghaderi et al., 2014b) و برش زال (قادری و همکاران، ۱۳۹۳) را دربر گرفته‌اند. جایگاه چینه‌شناسی این محدوده در مقایسه با برش‌های مختلف منطقه جلفا و نیز با توجه به گزارش بخش بالایی زیست‌پهنه کنودوتی *Clarkina leveni* از لایه‌های هم‌ارز در نواحی کوه‌های علی‌باشی و زال (قادری، ۱۳۹۳)، مؤید سن ووچیاپینگین پیشین برای این محدوده از سازند جلفا است (شکل ۵).

Permophricodothyris ovata Zone .3

این زیست‌پهنه منطبق بر گستره حضور گونه *Permophricodothyris ovata* در نیمه بالایی لایه‌های جلفای پایینی است و ۸/۲۰ متر ستبرای دارد. از دیدگاه سنگ‌شناسی، لایه‌های در برگیرنده این محدوده را شیل‌های سبز تا خاکستری و سنگ‌آهک‌های خاکستری تا قهوه‌ای رنگ تشکیل داده‌اند. گونه‌های *Araxathyris abichi*, *Araxathyris felina*, *Transcaucasathyris minor*, *Araxathyris protea*, *Araxathyris quadrilobata*, *Rostranteris sp.*, *Sarytchevinella djulfensis*, *Spinomarginifera helica*, *Spinomarginifera iranica*, *Transcaucasathyris araxensis* و *Transcaucasathyris lata*، دیگر بازوپیای مهم همراه در این زیست‌پهنه هستند (شکل ۲). این زیست‌پهنه معادل با زیست‌پهنه تجمعی *Pseudogastriceras-Oldhamenia* در باختر جلفا (Stepanov et al., 1969)، بخش بالایی زیست‌پهنه *Permophricodothyris ovata* در برش دره اصلی کوه‌های علی‌باشی (Ghaderi et al., 2014b) و برش زال (قادری و همکاران، ۱۳۹۳) و نیز معادل با لایه‌های حاوی *Araxoceras-Oldhamenia* در برش الگوی دورآشام در نخجوان (Ruzhencev and Sarytcheva, 1965) است. افزون بر این، بخش میانی - بالایی این محدوده معادل زیست‌پهنه *Permophricodothyris ovata-Araxathyris quadrilobata* در سازند همبست در شمال آواده است که به تازگی گزارش شده است (Viaretti et al., 2021). به استناد تطابق چینه‌شناسی و نیز زیای کنودوتی گزارش شده از ردیف رسوبات مشابه این بخش در دیگر برش‌های چینه‌شناسی ناحیه جلفا که معرف بخش بالایی زیست‌پهنه کنودوتی *Clarkina leveni* هستند (قادری، ۱۳۹۳)، سن ووچیاپینگین میانی برای این بخش قابل پذیرش است (شکل ۵).

Transcaucasathyris araxensis Zone .4

گستره حضور گونه *Transcaucasathyris araxensis* با ستبرای ۸/۲۵ متر، آخرین زیست‌پهنه شناسایی شده در این پژوهش است که در نیمه پایینی لایه‌های جلفای بالایی قرار دارد. سنگ‌آهک‌های کرم تا صورتی و قهوه‌ای مطبق تا نودولار در تناوب با شیل‌های قرمز رنگ، طبقات اصلی این گستره را تشکیل می‌دهند. *Transcaucasathyris minor* دیگر بازوپیای حاضر در این زیست‌پهنه است. این زیست‌پهنه معادل با زیست‌پهنه تجمعی *Haydenella-Pseudowellera* در کوه‌های

علی‌باشی (Stepanov et al., 1969)، زیست‌پهنه *Haydenella kiangsiensis* در برش دره اصلی کوه‌های علی‌باشی (Ghaderi et al., 2014b)، لایه‌های حاوی *Vedicoceras-Haydenella* در برش الگوی دورآشام (Ruzhencev and Sarytcheva, 1965)، زیست‌پهنه *Transcaucasathyris araxensis* در برش زال (قادری و همکاران، ۱۳۹۳) و زیست‌پهنه *Haydenella kiangsiensis-Transcaucasathyris minor* در سازند همبست برش آواده است (Viaretti et al., 2021). از زیست‌پهنه مورد سخن در برش چینه‌شناسی زال، افزون بر بازوپیایان، کنودوت‌هایی متعلق به زیست‌پهنه‌های *Clarkina guangyuanensis* تا *Clarkina orientalis* توسط هندرسون و همکاران (Henderson et al., 2008) و عیسی و همکاران (۱۳۹۵) معرفی شده‌اند که مؤید سن ووچیاپینگین پسین برای این بخش از لایه‌های جلفا هستند (شکل ۵).

لازم به یادآوری است در حفاصل زیست‌پهنه *Permophricodothyris ovata* تا زیست‌پهنه *Transcaucasathyris araxensis* در برش چینه‌شناسی زال، یک گستره بازوپیادار دیگر با عنوان *Permophricodothyris ovata - Transcaucasathyris araxensis Interval Zone* معرفی شده است (قادری، ۱۳۹۳). این گستره معادل با *Permophricodothyris ovata - Haydenella kiangsiensis Interval Zone* در برش حاشیه دره اصلی کوه علی‌باشی در نوشته قادری و همکاران (Ghaderi et al., 2014b) است. در مطالعه حاضر، زیست‌پهنه *Transcaucasathyris araxensis* بدون واسطه بر روی زیست‌پهنه *Permophricodothyris ovata* قرار گرفته و بنابراین به نظر می‌رسد اولین حضور گونه *Transcaucasathyris araxensis* در این برش قدری زودتر از برش‌های چینه‌شناسی زال و کوه‌های علی‌باشی روی داده است. این امر، یادآور اثر یانوسون (Jaanusson effect) یا اثر اسپیل - رانگیس (Sppil-Rongis effect) و بیانگر تفاوت در اولین حضور یک گونه در مناطق مختلف است که می‌تواند تحت تاثیر عوامل محیطی و یا حتی سوگیری در نمونه‌برداری باشد (Jaanusson, 1976; Heads, 2012).

۷- بحث

زیست‌جغرافیای دیرینه بازوپیایان پرمین در قالب سه قلمروی اصلی شامل قلمروی آب سرد، قلمروی استوایی و قلمروی گندوانایی که با یکدیگر مرزهای تدریجی دارند، معرفی شده است (Shi and Grunt, 2000). افزون بر این، پراکندگی جغرافیایی بازوپیایان لوپینگین در قالب پنج ایالت زیست‌جغرافیایی دیرینه کوچک‌تر شامل ایالت کاتایسین، ایالت تبتیس، ایالت هیمالین، ایالت استراژین و ایالت گرینلند - اسوالبارد دسته‌بندی شده است (Shen and Shi, 2000). با وجود آن که پیش‌تر آرچولد (Archbold, 1983) ایالت زیستی سیمین را برای بازوپیایان آب سرد پری‌گندوانایی زمان سیشورالین (= پرمین پیشین) معرفی کرده بود، اما به دلیل حرکت رو به شمال بلوک‌های سیمین در طول پرمین و اختلاط زیای آب سرد ایالت یاد شده با ایالت کاتایسین در اواخر گوادالوپین (= پرمین میانی)، ایالت زیستی سیمین عملاً با ایالت زیستی کاتایسین مخلوط و در لوپینگین جایگزین شده است (Shen et al., 2009). بنابراین نوشته قادری (۱۳۹۷)، بازوپیایان موجود در سازند جلفا در کوه‌های علی‌باشی و زال با ایالت کاتایسین و تا حدی ایالت تبتیس باختری قرابت دارند. در پژوهش حاضر نیز به دلیل شباهت قابل توجه بازوپیایان برش قره‌گز با دیگر برش‌های چینه‌شناسی ناحیه جلفا، ایالت زیستی کاتایسین برای این زیاست ووچیاپینگین در نظر گرفته شده است (شکل ۱- B).

زیست‌پهنه‌های معرفی شده بر اساس بازوپیایان در این پژوهش همخوانی خوبی با زیست‌پهنه‌های مشابه معرفی شده از نواحی مختلف در شمال باختر ایران (برش‌های چینه‌شناسی کوه‌های علی‌باشی و زال در نوشته Ghaderi et al., 2014b, 2015)، ناحیه آواده در پهنه سندج - سیرجان (برش‌های سدل و گولی در نوشته و یارتی و همکاران (Viaretti et al., 2021) و قفقاز جنوبی (برش الگوی دورآشام در نوشته روزنسیو و ساریچوا (Ruzhencev and Sarytcheva, 1965) دارند (جدول ۱). این امر نشان

ناحیه (جدول ۱) نیز همان‌طور که در مبحث زیست‌چینه‌نگاری بدان پرداخته شد، قرابت نزدیکی با ناحیه جلفا دارند (Viaretti et al., 2021). شباهت قابل توجه زیادی بازوپایان که همانند دیگر جانوران کف‌زی وابستگی شدیدی به رخساره دارند، گویای نزدیکی دو ناحیه جلفا و آباد در زمان ووچیاپینگین است. این در حالی است که نواحی یاد شده در جغرافیای کنونی ایران بالغ بر ۱۱۰۰ کیلومتر فاصله دارند و در دو پهنه ساختاری - رسوبی مختلف ایران شمال باختری و سندج - سیرجان دسته‌بندی می‌شوند (برای مثال: Ruban et al., 2007). شاید بهترین توجیه برای درک این قرابت زیست‌جغرافیایی دیرینه برای دو منطقه دور از هم جلفا و آباد، رجوع به نقشه جغرافیای دیرینه‌ای باشد که اولین بار شنگور (Sengör, 1990) ارائه داده و قطعات بلوک‌های سیمین این نواحی را با آرایش جالب توجهی در کنار یکدیگر جای داده است (شکل ۵).

می‌دهد نواحی یاد شده در زمان ووچیاپینگین از دیدگاه محیط رسوبی دیرینه و حتی وضعیت بوم شناختی، شرایط مشابهی داشته و عوامل محدودکننده بوم‌سازگان همچون ژرفا و دمای محیط در این نواحی به حضور زیادی مشابهی از بازوپایان منجر شده‌اند. این مهم در مقایسه سنگ‌چینه‌نگاری برش‌های چینه‌شناسی ناحیه جلفا نیز به خوبی نمود دارد به طوری که تمامی بخش‌های مختلف ستون چینه‌نگاری برش قره‌گز، تطابق بسیار خوبی با دیگر برش‌های چینه‌شناسی مختلف در کوه‌های علی‌باشی، زال و حاشیه دره ارس این ناحیه دارند. در مقایسه با ناحیه آباد، واحدهای ۶ و ۷ سازند همبست (Taraz et al., 1981) از دیدگاه سنگ‌چینه‌نگاری همخوانی جالبی با لایه‌های جلفا و سازند علی‌باشی در شمال باختر ایران دارند، ضمن این که زیست‌پهنه‌های معرفی شده بر اساس بازوپایان از این

جدول ۱- مقایسه زیست‌پهنه‌های بازوپایان شناسایی شده در این مطالعه با زیست‌پهنه‌های مشابه در دیگر نقاط ایران و حوضه قفقاز جنوبی.

Table 1. Comparison of brachiopod zones identified in this study with similar zones in other parts of Iran and Transcaucasia.

Central Alborz (Angiolini and Carabelli, 2010)		Dorasham (Ruzhencev and Sarytcheva, 1965)	Ali Bashi Mountains (Stepanov et al., 1969)	Main Valley (Ghaderi et al., 2014a)	Zal (Ghaderi et al., 2015)	Abadeh (Viaretti et al., 2021)	This study
Changhsingian	<i>Enteletus lateroplicatus</i>					<i>Paracrurithyris pygmaea</i>	-----
	Barren Zone	-----	-----	-----	-----		
	? <i>Permophricodothyris ovata</i>						
Wuchiapingian	Barren Zone	<i>Vedicoceras-Haydenella</i>	<i>Haydenella-Pseudowellereella</i>	<i>Haydenella kiangsiensis</i>	<i>Transcaucasathyris araxensis</i>	<i>Haydenella kiangsiensis-Transcaucasathyris minor</i>	<i>Transcaucasathyris araxensis</i>
		? <i>Araxoceras-Oldhamina</i>	? <i>Pseudogastricoceras-Permophricodothyris</i>	<i>Permophricodothyris ovata - Haydenella kiangsiensis Interval</i>	<i>Permophricodothyris ovata - Transcaucasathyris araxensis Interval</i>		
	<i>Araxilevis intermedius</i>	<i>Araxilevis</i>	<i>Araxilevis-Orthotetina</i>	<i>Araxilevis intermedius</i>	<i>Araxilevis intermedius</i>	<i>Araxilevis intermedius-Leptodus nobilis</i>	<i>Permophricodothyris ovata-Araxathyris quadrilobata</i>

در مقایسه با برش‌های مختلف چینه‌شناسی از سازند نسن در البرز مرکزی (برش‌های دره الیکا، آبرندان، شیرین‌آباد و منگل در نوشته 2010، Angiolini and Carabelli)، لایه‌های جلفا معادل با بخش بالایی سازند نسن پایینی و سازند علی‌باشی معادل با سازند نسن بالایی دانسته شده‌اند. آنجیولینی و کارابلی (Angiolini and Carabelli, 2010) از سازند نسن پایینی تنها به معرفی زیست‌پهنه *Araxilevis intermedius* به سن ووچیاپینگین اکتفا نموده‌اند. جالب آن که در این مطالعه، زیست‌پهنه *Permophricodothyris ovata* به سن چانگزینگین معرفی شده است. این امر برخلاف آن چیزی است که در کارهای پیشین (برای مثال: Ghaderi et al., 2014b) و نیز پژوهش حاضر از ناحیه جلفا و اخیراً از آباد (Viaretti et al., 2021) گزارش شده است. گونه‌های *Transcaucasathyris lata*، *Permophricodothyris ovata* و *Araxathyris protea*، گونه‌های مشترک زیست‌پهنه *Permophricodothyris ovata* در سازند نسن با لایه‌های حاوی *Oldhamina* در منطقه قفقاز (Angiolini and Carabelli, 2010) و زیست‌پهنه *Permophricodothyris ovata* در برش‌های مختلف ناحیه جلفا هستند، ضمن این که گستره حضور برخی از این گونه‌های مشترک در لایه‌های بالاتر یا پایین‌تر نیز ادامه یافته است. سن لایه‌های حاوی *Oldhamina* در

در مقایسه با برش‌های مختلف چینه‌شناسی از سازند نسن در البرز مرکزی (برش‌های دره الیکا، آبرندان، شیرین‌آباد و منگل در نوشته 2010، Angiolini and Carabelli)، لایه‌های جلفا معادل با بخش بالایی سازند نسن پایینی و سازند علی‌باشی معادل با سازند نسن بالایی دانسته شده‌اند. آنجیولینی و کارابلی (Angiolini and Carabelli, 2010) از سازند نسن پایینی تنها به معرفی زیست‌پهنه *Araxilevis intermedius* به سن ووچیاپینگین اکتفا نموده‌اند. جالب آن که در این مطالعه، زیست‌پهنه *Permophricodothyris ovata* به سن چانگزینگین معرفی شده است. این امر برخلاف آن چیزی است که در کارهای پیشین (برای مثال: Ghaderi et al., 2014b) و نیز پژوهش حاضر از ناحیه جلفا و اخیراً از آباد (Viaretti et al., 2021) گزارش شده است. گونه‌های *Transcaucasathyris lata*، *Permophricodothyris ovata* و *Araxathyris protea*، گونه‌های مشترک زیست‌پهنه *Permophricodothyris ovata* در سازند نسن با لایه‌های حاوی *Oldhamina* در منطقه قفقاز (Angiolini and Carabelli, 2010) و زیست‌پهنه *Permophricodothyris ovata* در برش‌های مختلف ناحیه جلفا هستند، ضمن این که گستره حضور برخی از این گونه‌های مشترک در لایه‌های بالاتر یا پایین‌تر نیز ادامه یافته است. سن لایه‌های حاوی *Oldhamina* در

به باور آنجولینی و کارابلی (Angiolini and Carabelli, 2010)، پروداکتیدهای خاردار نیمه‌درون‌زی فاقد پدیکل غالباً به کمک خارهای خود که عموماً روی کنه شکمی آنها گسترده شده‌اند، در بسترهای نرم محیط‌های کم انرژی مستقر می‌شوند. از این رو ترجیح بوم‌شناختی این گروه بسترهای رسوبی نرم‌تر و تاحدی استحکام یافته است که معمولاً در محیط‌های دریایی کم انرژی‌تر و ژرف‌تر یافت می‌شوند. این بسترها از دیدگاه سنگ‌شناختی عموماً از شیل و سنگ‌آهک مارنی متعلق به بخش‌های زیرین - میانی لایه‌های جلفای پایینی تشکیل شده‌اند که در برش‌های چینه‌شناسی کوه‌های علی‌باشی رخساره مادستونی/ وکستونی را نشان می‌دهند (قادری، ۱۳۹۳).

به استثنای برخی جنس‌های بسیار کوچک نظیر *Spinomarginifera*، پروداکتیدهای بزرگ یادشده از لایه 97G117 برش قره‌گز به سمت بالا ناپدید می‌شوند. این اقیانوس، مطابق بر تغییر سنگ‌شناسی و رخساره رسوبی، ناشی از افزایش انرژی محیط و غلبه سنگ‌آهک‌های زیست‌آواری با رخساره‌های پکتون/ وکستون بر محیط‌های کم انرژی قدیمی‌تر هستند. این امر مؤید کاهش ژرفای حوضه به سمت بالا در بخش بالایی لایه‌های جلفای پایینی و تشکیل بسترهای به نسبت سخت و استوارتر متناسب با شرایط جدید است. چنین تغییر محیطی، مطلوب فرم‌های پدیکولیتی است که در بخش بالایی لایه‌های جلفای پایینی و درون زیست‌پهنه *Permophrycodothyris* *ovata* به حداکثر رسیده‌اند. قادری (۱۳۹۷)، چنین انتشاری از بازوپایان را در برش‌های مختلف کوه‌های علی‌باشی و زال نشانگر محیط دیرینه دریایی با یک دوره کم ژرفاشونده کوتاه در بخش میانی تا بالایی لایه‌های جلفای پایینی و در محدوده زیست‌پهنه *Permophrycodothyris ovata* در زمان ووچاپینگین می‌داند، چرا که اسپیریفریدهای پدیکولیت شاخص محیط‌های دریایی پرنرژی و کم‌ژرف‌تر زیر سطح اثر امواج عادی روزانه، جانشین پروداکتیدهای بزرگ خاردار می‌شده‌اند که به صورت نیمه‌درون‌زی معمولاً در محیط‌های دریایی ژرف‌تر زیر سطح اثر امواج طوفانی یافت می‌شده‌اند.

همانند دیگر برش‌های چینه‌شناسی ناحیه جلفا، فراوانی بازوپایان در لایه‌های جلفای بالایی و سازند علی‌باشی در برش چینه‌شناسی قره‌گز به طور چشمگیری کاهش می‌یابد (شکل ۵). این کاهش مرتبط با تغییر تدریجی رخساره ناشی از روند افزایش ژرفای حوضه است. پیش‌تر نیز آنجولینی و همکاران (Angiolini et al., 2010) و قادری و همکاران (Ghaderi et al., 2014b) نشان داده‌اند که فراوانی بازوپایان در طبقات لوپینگین بالایی ایران در مقایسه با دیگر نواحی مشابه در چین جنوبی کمتر است. بنا بر نوشته ایشان، این امر می‌تواند مؤید اثر Signor-Lipps مبنی بر کاهش شدید زی‌پیش از موعد فرا رسیدن انقراض انبوه در انتهای پرمین باشد. لازم به یادآوری است کاهش زیادی یاد شده حتی در برش‌های چینه‌شناسی ناحیه آباده نیز به خوبی قابل مشاهده است. به نوشته ویارتی و همکاران (Viaretti et al., 2021)، تنها تعداد اندکی از افراد متعلق به گونه *Paracrurithyris pygmaea* در رأس واحد ۷ سازند همبست یافت شده‌اند و به همین دلیل زیست‌پهنه‌ای با نام مشابه در این توالی معرفی شده است. این زیست‌پهنه که در هیچ یک از برش‌های چینه‌شناسی ناحیه جلفا گزارش نشده است، هم‌ارز زیست‌پهنه کنودنتی *Clarkina abadehensis* در سنگ‌آهک‌های حاوی *Paratirolites* بوده و سن چانگزیگین پسین دارد.

۹- نتیجه‌گیری

برش چینه‌شناسی قره‌گز در جنوب جلفا دربردارنده توالی کامل و پیوسته‌ای از نهشته‌های لوپینگین - تریاس زیرین شامل لایه‌های خاجیک، لایه‌های جلفا، سازند علی‌باشی و سازند الیکاست. مطالعه لایه‌های جلفا در این ناحیه به شناسایی ۱۱ جنس و ۲۰ گونه از بازوپایان راسته‌های *Orthida*، *Orthotetida*، *Athyridida*، *Spiriferida*، *Productida* و *Terebratulida* انجامیده است. این گونه‌ها که همگی گویای ایالت زیستی کاتایسین برای این ناحیه از پالئوتتیس باختری هستند، در قالب

منطقه قفقاز بر پایه حضور آمونویدها و کنودنت‌ها ووچاپینگین گزارش شده است (Ruzhencev and Sarytcheva, 1965; Stepanov et al., 1969; Shen et al., 2004)، در حالی که زیست‌پهنه *Permophrycodothyris ovata* در کوه‌های البرز در بخش چانگزیگین سازند نسن بالایی قرار داده شده است (Gaetani et al., 2009). حضور همزمان فوزولینیدهای *Reichelina pulchra* و *Nanlingella meridionalis* در کنار زیست‌پهنه *Paradagmarita* و نیز وجود زیست‌پهنه کنودنتی *Hindeodus julfensis* در این بخش، دلایل اصلی برای انتساب این پهنه به سن چانگزیگین می‌باشد (Gaetani et al., 2009). با فرض تعیین سن صحیح انجام شده برای سازند نسن بالایی در مطالعه آنجولینی و کارابلی (Angiolini and Carabelli, 2010)، محدود شدن گونه شاخص *Permophrycodothyris ovata* به زمان ووچاپینگین در حوضه ایران شمال باختری، قفقاز جنوبی و ناحیه آباده، ممکن است مرتبط با عوامل محیطی و افزایش ژرفای حوضه در این منطقه نسبت به البرز مرکزی باشد. چرا که آب‌های ژرف برای اسپیریفریدهای بزرگ پدیکل‌داری همچون *Permophrycodothyris ovata* که نیاز به آب‌های با آشفستگی و تلاطم بیشتر و مواد غذایی فراوان‌تر دارند، نامناسب است.

۸- الگوهای مختلف زندگی بازوپایان در کف بستر رسوبی

همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد، بازوپایان مورد مطالعه در این پژوهش بیشتر متمرکز در لایه‌های جلفای پایینی هستند. این بازوپایان همگی از فرم‌های رینکونلیفورم (Rhynchonelliformea in Williams et al., 1996) بوده و تجمع بازوپایان موجود، بیانگر استقرار برجای نمونه‌هاست و حمل و نقل خاصی در نهشت شدن آنها رخ نداده است. نحوه استقرار این بی‌مهرگان دریایی در کف بستر رسوبی در قالب پنج الگوی مختلف جایگیری قابل تفسیر است که بیانگر ارتباط آنها با ژرفای دیرینه و انرژی محیط است. بر این اساس، اولین الگوی استقرار شناسایی شده در این پژوهش، زندگی نیمه‌درون‌زی و آزاد در فرم‌های پروداکتید محذب - مقعر خاردار کوچک تا متوسط نظیر جنس‌های *Sarytchevinella*، *Spinomarginifera* و *Tschenryschewia* است. فرم‌های محذب - مقعر بزرگ با خارهای هالتروید درشت که منحصر به جنس *Araxilevis* می‌شوند نیز به دلیل برخورداری از خارهای درشت دومین الگوی استقرار در کف بستر را نشان می‌دهند. این فرم‌های محذب - مقعر بزرگ در برش قره‌گز درون زیست‌پهنه *Araxilevis intermedius* حضور دارند و بازوپایان کوچک تا متوسط خاردار در زیست‌پهنه‌های *Araxilevis intermedius* تا *Permophrycodothyris ovata* پراکنده شده‌اند.

سومین الگوی استقرار بازوپایان در این مطالعه، اتصال به کف بستر با کمک پدیکل است که در فرم‌های پدیکولیت با بازشدگی پدیکل نسبتاً بزرگ همچون جنس‌های *Permophrycodothyris* *Rostranteris*، *Araxathyris* و *Transcaucasathyris* در نیمه بالایی لایه‌های جلفای پایینی و در محدوده زیست‌پهنه *Permophrycodothyris ovata* دیده می‌شود. چهارمین الگوی زندگی که تاحدی مشابه زندگی پدیکولیت است، منحصرأ در فرم‌های اورتوتتید نظیر جنس‌های *Orthothetina* و *Orthotichia* مشاهده می‌شود. در این الگو، اورتوتتیدها به واسطه داشتن امبو و پدیکل کشیده به درون رسوبات کف بستر نفوذ کرده و با اتصال پدیکل به قسمت‌های سخت‌تر درون رسوبات، از استقرار محکم‌تری برخوردار می‌شده‌اند. این فرم‌ها برخلاف برش‌های چینه‌شناسی کوه‌های علی‌باشی و زال که تقریباً در سرتاسر لایه‌های جلفا دیده می‌شوند، در برش قره‌گز تنها در بالای زیست‌پهنه *Permophrycodothyris ovata* و در قاعده لایه‌های جلفای بالایی حضور دارند و از این حیث اندک تفاوتی را با مطالعات پیشین نشان می‌دهند. همچنین، شمار اندکی از فرم‌های *lytoniid* متعلق به جنس *Leptodus* نیز به صورت قشرساز و سیمانی شده متصل بر روی بسترهای سخت‌تر شناسایی شده‌اند که نشان‌دهنده پنجمین الگوی استقرار هستند.

می‌رسد پروداکتیدهای خاردار نیمه‌درون‌زی فاقد پدیکل، بسترهای نرم محیط‌های ژرف‌تر کم‌انرژی و تاحدی استحکام یافته را ترجیح می‌داده‌اند. این بسترها از نظر سنگ‌شناسی عموماً از شیل و سنگ‌آهک ماری متعلق به بخش‌های زیرین - میانی لایه‌های جلفای پایینی تشکیل شده‌اند. با گذر زمان و کاهش ژرفای حوضه به سمت بالا و تشکیل بسترهای نسبتاً سخت و استوارتر در بخش بالایی لایه‌های جلفای پایینی، فرم‌های پدیکولیت درشت شاخص محیط‌های دریایی پراانرژی و کم‌ژرف‌تر زیر سطح اثر امواج عادی روزانه، جانشین پروداکتیدهای بزرگ خاردار شده‌اند.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۳/۵۰۹۱۴ دانشگاه فردوسی مشهد است. نگارندگان بدین وسیله از زحمات ارزشمند معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد برای حمایت‌های همه‌جانبه از این پژوهش سپاس‌گزاری می‌نمایند. از آقای مهندس سجاد صفری فرخ‌د که در عملیات صحرائی و نمونه‌برداری یاریگر نگارندگان بوده‌اند، سپاس‌گزاری می‌شود. همچنین از داوران ارجمندی که با نظرات ارزشمند خود بر غنای محتوای این مقاله افزودند، صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

چهار زیست‌پهنه مختلف *Araxilevis intermedius Zone*، *Araxilevis intermedius Permophricodothyris ovata Interval zone*، *Permophricodothyris ovata Zone* و *Transcaucasathyris araxensis Zone* دسته‌بندی شده و در مقایسه با زیست‌پهنه‌های کنودوتی گزارش شده از توالی‌های مشابه در ناحیه جلفا، بیانگر سن ووچاپینگین برای لایه‌های جلفا از برش مورد مطالعه می‌باشند. تطابق زیستی انجام شده بر اساس این زیست‌پهنه‌ها با برش‌های چینه‌شناسی دره اصلی کوه‌های علی‌باشی در باختر و برش زال در جنوب جلفا، برش دورآشام در قفقاز جنوبی، سازند همبست در ناحیه آواده و سازند نسن پایینی و بالایی در البرز مرکزی، حاکی از کاربرد ارزشمند این سنگواره‌ها برای زیست‌چینه‌نگاری در مقیاس منطقه‌ای در بازه زمانی لوپینگین در حوضه باختری پالتوتیس است.

مطالعه الگوهای مختلف زندگی بازوپایان در توالی لایه‌های جلفا حاکی از پنج روش مختلف استقرار شامل زندگی نیمه‌درون‌زی و آزاد در فرم‌های پروداکتید محذب - مقعر خاردار کوچک تا متوسط، اتصال فرم‌های محذب - مقعر بزرگ با خارهای هالترئید درشت، اتصال فرم‌های پدیکولیت با بازشدگی پدیکل به نسبت بزرگ، اتصال به کمک پدیکل به قسمت‌های سخت‌تر درون رسوبات و اتصال قشرساز و سیمانی شده متصل بر روی بسترهای سخت‌تر است. بر این اساس، به نظر

کتاب‌نگاری

- عبداللهی، م.ر. و حسینی، م.، ۱۳۷۵، نقشه زمین‌شناسی جلفا، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- عیسی، ع.، قادری، ع.، عاشوری، ع.ر. و کورن، د.، ۱۳۹۵، کنودوت‌های پرمین پسین - تریاس پیشین برش زال در شمال باختر ایران. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، پاییز ۱۳۹۵، سال سی و دوم، شماره ۶۴، ص ۵۵-۷۴. <https://doi.org/10.22108/jssr.2016.20876>.
- غنی‌زاده تبریزی، ن.، قادری، ع.، کورن، د. و عاشوری، ع.ر.، ۱۴۰۱، زیست‌چینه‌نگاری توالی ووچاپینگین و چانگزینگین پیشین بر مبنای آمونوتیدها در شمال باختر ایران. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، بهار ۱۴۰۱، سال سی و هشتم، شماره ۸۶، ص ۴۵-۶۶. <https://doi.org/10.22108/jssr.2022.130310.1213>.
- قادری، ع.، ۱۳۹۳، چینه‌شناسی و بوم‌شناسی دیرینه توالی‌های پرمین بالایی تا مرز پرمین - تریاس در شمال باختر ایران بر اساس داده‌های زیست‌چینه‌ای کنودونت‌ها و براکیوپودها. رساله دکترا، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۸۸ ص.
- قادری، ع.، ۱۳۹۷، تحلیل آماری ویژگی‌های دیرینه‌بوم‌شناختی و جایگاه زیست جغرافیایی دیرینه بازوپایان در توالی‌های سازند جلفا (لوپینگین پیشین)، شمال باختر ایران. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناختی، سال سی و چهارم، تابستان ۱۳۹۷، شماره ۷۱، ص ۹۵-۱۲۰. <https://doi.org/10.22108/jssr.2018.108444.1030>.
- قادری، ع.، صادقی، الف.، عاشوری، ع.ر. و کورن، د.، ۱۳۹۳، مطالعه بازوپایان پرمین پسین (ووچاپینگین) در توالی‌های رسوبی برش زال، شمال باختر ایران. دیرینه‌شناسی، پاییز و زمستان ۱۳۹۳، سال دوم، شماره ۲ (۲)، ص ۲۱۲-۲۹۲.

References

- Abdohali, M.R., and Hosseini, M., 1996. *Geological map of Julfa, scale 1/100000, Geological Survey of Iran. (in persian)*
- Aharipour, R., Moussavi, M.R., Mosaddegh, H., and Mistiaen, B., 2010. Facies features and paleoenvironmental reconstruction of the Early to Middle Devonian syn-rift volcano-sedimentary succession (Padeha Formation) in the Eastern-Alborz Mountains, NE Iran, *Facies*, 56, 279-294. <https://doi.org/10.1007/s10347-009-0200-x>.
- Alvaro, J.J., Ghobadi Pour, M., Sanchez-Garcia, T., Kebria-ee Zadeh, M.R., Hairapetian, V., and Popov, L.E., 2022. Stratigraphic and volcanic signatures of Miaolingian-Late Ordovician rift pulses in the Alborz Mountains, northern Iran, *Journal of Asian Earth Sciences*, 233 (105240): 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2022.105240>.
- Angiolini, L., 2007. Quantitative palaeoecology in the Pachycyrtella Bed, Early Permian of Interior Oman, *Palaeoworld*, 16, 233-245. <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2007.05.019>.
- Angiolini, L., and Carabelli, L., 2010. Upper Permian brachiopods from the Nesen Formation, North Iran, *Palaeontology*, 84, 41-90. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4983.2010.00989.x>.
- Angiolini, L., Checonni, L., Gaetani, M., and Rettori, R., 2010. The latest Permian mass extinction in the Alborz Mountains (North Iran), *Geological Journal*, 45, 216-229. <https://doi.org/10.1002/gj.1203>.

- Archbold, N.W., 1983. Permian marine invertebrate provinces of the Gondwanan Realm, *Alcheringa* 7, 59–73. <https://doi.org/10.1080/03115518308619634>.
- Arefifard, S., and Baud, A., 2022. Depositional environment and sequence stratigraphy architecture of continuous Upper Permian and Lowermost Triassic deep marine deposits in NW and SW Iran, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 603 (111187), 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2022.111187>.
- Bagheri, S., and Stampfli, G.M., 2008. The Anarak, Jandaq and Posht-e-Badam metamorphic complexes in central Iran: new geological data, relationships and tectonic implications, *Tectonophysics*, 451 (1-4), 123–155. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2007.11.047>.
- Berberian, M., and King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18, 210-265.
- Brand, U., Bitner, M.A., Logan, A., Azmy, K., Crippa, G., Angiolini, L., Colin, P., Griesshaber, E., Harper, E.M., Taddei Ruggiero, E.H., and Äussermann, V., 2019. Brachiopod-based oxygen-isotope thermometer: update and review, *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 125, 775-787. <https://doi.org/10.13130/2039-4942/12226>.
- Eide, E.A., 2005. Analytical Methods: Geochronological Techniques, In: Selly, R.C., Robin, L., Cocks, M., and Plimer, I.R., (eds.), *Encyclopedia of Geology*, Elsevier Ltd., Oxford, p. 77-91. <https://doi.org/10.1016/B0-12-369396-9/00103-9>.
- Gaetani, M., Angiolini, L., Ueno, K., Nicora, A., Stephenson, M., Sciunnach, D., Rettori, R., Price, G., and Sabouri, J., 2009. Pennsylvanian to Early Triassic stratigraphy in Alborz Mountains (Iran), In: Brunet, M.F., Wilmsen, M., and Granath, J.W., (eds.), *South Caspian to Central Iran Basins*, Geological Society of London, Special Publication, 312, 79-127. <https://doi.org/10.1144/SP312>.
- Gamkrelidze, I.P., 1986. Geodynamic evolution of the Caucasus and adjacent areas in Alpine time, *Tectonophysics*, 127, 261-277. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(86\)90064-8](https://doi.org/10.1016/0040-1951(86)90064-8).
- Garbelli, C., 2017. Shell microstructures in Lopingian brachiopods: implications for fabric evolution and calcification, *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 123 (3), 541-560.
- Ghaderi, A., 2014. *Stratigraphy and paleoecology of the Upper Permian to Permian – Triassic boundary in the northwest of Iran based on biostratigraphic data of conodonts and brachiopods. Ph.D. thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, 488p. (in persian)*
- Ghaderi, A., 2018. *Quantitative analysis of palaeoecological features and paleobiogeographic setting of brachiopod fauna in the Julfa Formation (Early Lopingian), northwest Iran. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 34 (2), 95-120. <https://doi.org/10.22108/jssr.2018.108444.1030>. (in persian)
- Ghaderi, A., Garbelli, C., Angiolini, L., Ashouri, A.R., Korn, D., Rettori, R., and Mahmudy Gharaie, M.H., 2014b. Faunal changes near the End Permian Extinction: the brachiopods of the Ali Bashi Mountains, NW Iran, *Rivista Italiana di Paleontologia Stratigrafia*, 120 (1), 27-59. <https://doi.org/10.13130/2039-4942/6048>.
- Ghaderi, A., Leda, L., Schobben, M., Korn, D., and Ashouri, A.R., 2014a. High-resolution stratigraphy of the Changhsingian (Late Permian) successions of NW Iran and the Transcaucasus based on lithological features, conodonts and ammonoids, *Fossil Record*, 17, 41-57. <https://doi.org/10.5194/fr-17-41-2014>.
- Ghaderi, A., Sadeghi, A., Ashouri, A.R., and Korn, D., 2015. *Study of Late Permian (Wuchiapingian) brachiopods of sedimentary succession at the Zal section, Northwest Iran, Paleontology*, 2 (2), 212-292. (in persian)
- Ghaderi, A., Taherpour Khalil-Abad, M., Ashouri, A.R., and Korn, D., 2016. Permian Calcareous algae from the Khachik Formation at the Ali Bashi Mountains, NW of Iran, *Arabian Journal of Geosciences*, 9 (699), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2737-7>.
- Ghanizadeh Tabrizi, N., Ghaderi, A., Korn, D., and Ashouri, A.R., 2022. *Wuchiapingian and early Changhsingian ammonoid biostratigraphy in northwestern Iran. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 38 (1), 45-66. <https://doi.org/10.22108/jssr.2022.130310.1213>. (in persian)
- Gliwa, J., Forel, M.B., Crasquin, S., Ghaderi, A., and Korn, D. 2020a. Ostracods from the end-Permian mass extinction in the Aras Valley section (north-west Iran), *Papers in Palaeontology*, 7 (2), 1003-1042. <https://doi.org/10.1002/spp2.1330>.
- Gliwa, J., Ghaderi, A., Leda, L., Schobben, M., Tomás, S., Foster, W.J., Forel, M.B., Ghanizadeh Tabrizi, N., Grasby, S.E., Struck, U., Ashouri, A.R., and Korn, D., 2020b. Aras Valley (northwest Iran): high-resolution stratigraphy of a continuous central Tethyan Permian-Triassic boundary section, *Fossil Record*, 23, 33–69. <https://doi.org/10.5194/fr-23-33-2020>.

- Gliwa, J., Wiedenbeck, M., Schobben, M., Ullmann, C.V., Kiessling, V., Ghaderi, A., Struck, U., and Korn, D., 2022. Gradual warming prior to the end-Permian mass extinction, *Palaeontology*, 65 (5), e12621, 1-12. <https://doi.org/10.1111/pala.12621>.
- Hassanzadeh, J., Stockli, D.F., Horton, B.K., Axen, G.J., Stockli, L.D., Grove, M., Schmitt, A.K., and Walker, J.D., 2008. U-Pb zircon geochronology of late Neoproterozoic-Early Cambrian granitoids in Iran: implications for paleogeography, magmatism, and exhumation history of Iranian basement, *Tectonophysics* 451, 71-96. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2007.11.062>.
- Heads, M., 2012. Bayesian transmogrification of clade divergence dates: a critique, *Journal of Biogeography*, 39, 1749-1756. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2012.02784.x>.
- Henderson, C.M., Mei, S.L., Shen, S.Z., and Wardlaw, B.R. 2008. Resolution of the reported Upper Permian conodont occurrences from northwestern Iran, *Permophiles* 51, 2-9.
- Isaa, A., Ghaderi, A., Ashouri, A.R., and Korn, D., 2016. Late Permian - Early Triassic conodonts of the Zal section at the northwest of Iran. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 32 (3), 55-74. <https://doi.org/10.22108/jssr.2016.20876>. (in persian)
- Jaanusson, V., 1976. Faunal dynamics in the Middle Ordovician (Viruan) of Baltoscandia, In: (ed.): Bassett, M.G., The Ordovician System: Proceedings of a Palaeontological Association Symposium Birmingham, University of Wales Press, Cardiff, pp. 301-326.
- Jamei, S., Ghorbani, M., Williams, I.S., and Moayyed, M., 2021. Tethyan oceans reconstructions with emphasis on the Early Carboniferous Pir-Eshagh A-type rhyolite and the Late Palaeozoic magmatism in Iran, *International Geology Review*, 63 (11): 1-17. <https://doi.org/10.1080/00206814.2020.1768443>.
- Kiessling, W., Schobben, M., Ghaderi, A., Hairapetian, V., Leda, L., and Korn, D., 2018. Pre-mass extinction decline of latest Permian ammonoids, *Geology*, 46 (3), 283-286. <https://doi.org/10.1130/G39866.1>.
- Korn, D., Ghaderi, A., and Ghanizadeh Tabrizi, N., 2019. Early Changhsingian (Late Permian) ammonoids from NW Iran, *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie – Abhandlungen*, 293 (1), 37-56. <https://doi.org/10.1127/njgpa/2019/0829>.
- Korn, D., Ghaderi, A., Leda, L., Schobben, M., and Ashouri, A.R., 2016. The ammonoids from the Late Permian Paratirolites Limestone of Julfa (East Azerbaijan, Iran), *Journal of Systematic Palaeontology*, 14 (10), 841-890. <https://doi.org/10.1080/14772019.2015.1119211>.
- Korte, C., Kozur, H.W., and Partoazar, H., 2004. Negative carbon isotope excursion at the Permian/Triassic boundary section at Zal, NW Iran, *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, Reihe B, Beiheft*, 18, 69-71.
- Kozur, H.W., 2004. Pelagic uppermost Permian and the Permian-Triassic boundary conodonts of Iran, Part 1: taxonomy, *Hallesches Jahrbuch Fur Geowissenschaften, Reihe B: Geologie, Palaontologie, Mineralogie*, 18, 39-68.
- Kozur, H.W., 2005. Pelagic uppermost Permian and the Permian-Triassic boundary conodonts of Iran, Part II: Investigated sections and evaluation of the conodont faunas, *Hallesches Jahrbuch Fur Geowissenschaften, Reihe B: Geologie, Palaontologie, Mineralogie*, 19, 49-86.
- Leda, L., Korn, D., Ghaderi, A., Hairapetian, V., Struck, U., and Reimold, W.U., 2014. Lithostratigraphy and carbonate microfacies across the Permian-Triassic boundary near Julfa (NW Iran) and in the Baghuk Mountains (Central Iran), *Facies*, 60, 295-325. <https://doi.org/10.1007/s10347-013-0366-0>.
- Natal'in, B.A., and Sengör, A.M.C., 2005. Late Palaeozoic to Triassic evolution of the Turan and Scythian platforms: the pre-history of the Palaeo-Tethyan closure, *Tectonophysics* 404 (3-4), 175-202. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2005.04.011>.
- Partoazar, H., 2002. Permian-Triassic boundary conodonts from Julfa-Abadeh Belt along Northwest and Central Iran, *Permophiles*, 41, 34-40.
- Ruban, D.A., Al-Husseini, M.I., and Iwasaki, Y., 2007. Review of Middle East Paleozoic plate tectonics, *GeoArabia*, 12, 35-56. <https://doi.org/10.2113/geoarabia120335>.
- Ruzhencev, V.E., and Sarycheva, T.G., (eds.), 1965. Razvitie i smena morskikh organizmov na Rubezhe Paleozoya i Mezozoya, *Trudy Paleontologicheskogo Instituta Akademiya Nauk SSSR*, 108, 1-431. (in Russian)
- Saccani, E., Azimzadeh, Z., Dilek, Y., and Jahangiri, A., 2013. Geochronology and petrology of the Early Carboniferous Misho Mafic Complex (NW Iran) and implications for the melt evolution of Paleo-Tethyan rifting in Western Cimmeria, *Lithos* 162-163, 264-278. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2013.01.008>.

- Schobben, M., Heuer, F., Tietje, M., Ghaderi, A., Korn, D., Korte, Ch., and Wignall, P.B., 2019. Chemostratigraphy Across the Permian-Triassic Boundary: The Effect of Sampling Strategies on Carbonate Carbon Isotope Stratigraphic Markers, In: Sial, A.N., Gaucher, C., Ramkumar, M., and Ferreira, V.P., (eds.), Chemostratigraphy Across Major Chronological Boundaries, 1st edition, Wiley, American Geophysical Union, 240, 159-181. <https://doi.org/10.1002/9781119382508.ch9>.
- Schobben, M., Stebbins, A., Ghaderi, A., Strauss, H., Korn, D., and Korte, Ch., 2015. Flourishing ocean drives the end-Permian marine mass extinction, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States (PNAS)*, 112 (33), 1-6. <https://doi.org/10.1073/pnas.150375511>.
- Schobben, M., Van de Velde, S., Gliwa, L., Leda, L., Korn, D., Struck, U., Ullmann, C.V., Hairapetian, V., Ghaderi, A., Korte, Ch., Newton, R.J., Poulton, S.W., and Wignall, P.B., 2017. Latest Permian carbonate carbon isotope variability traces heterogeneous organic carbon accumulation and authigenic carbonate formation, *Climate of the Past*, 11, 1635-1659. <https://doi.org/10.5194/cp-13-1635-2017>.
- Sengör, A.M.C., 1979. Mid-Mesozoic closure of Permo-Triassic Tethys and its complications, *Nature*, 279, 590-593.
- Sengör, A.M.C., 1990. A new model for the late Palaeozoic-Mesozoic tectonic evolution of Iran and implications for Oman, In: Robertson, A.H.F., Searle, M.P., and Ries, A.C., (eds.), *The Geology and Tectonics of the Oman Region*, Geological Society of London, Special Publication, 49, 797-831. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1992.049.01.4>.
- Shafaii Moghadam, H., Khademi, M., Hu, Z., Stern, R.J., Santos, J.F., and Wu, Y., 2015. Cadomian (Ediacaran-Cambrian) arc magmatism in the ChahJam-Biarjmand metamorphic complex (Iran): magmatism along the northern active margin of Gondwana, *Gondwana Research*, 27, 439-452. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.10.014>.
- Shen, S.Z., Grunt, T.A., and Jin, Y.G., 2004. A comparative study of Comelicanidae Merla, 1930 (Brachiopoda Athyridida) from the Lopingian (late Permian) of south China and Transcaucasia in Azerbaijan and Iran, *Journal of Paleontology*, 78, 884-899. [https://doi.org/10.1666/0022-3360\(2004\)078<0884:ACSOCM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1666/0022-3360(2004)078<0884:ACSOCM>2.0.CO;2).
- Shen, S.Z., 2018. Global Permian brachiopod biostratigraphy: an overview. In: Lucas, S.G., and Shen, S.Z., (eds.), *The Permian Timescale*, Geological Society, London, Special Publications, 450, 289-320. <https://doi.org/10.1144/SP450.11>.
- Shen, S.Z., and Mei, S.L., 2010. Lopingian (Late Permian) high resolution conodont biostratigraphy in Iran with comparison to South China zonation, *Geological Journal*, 45, 135-161. <https://doi.org/10.1002/gj.1231>.
- Shen, S.Z., and Shi, G.R., 2000. Wuchiapingian (early Lopingian, Permian) global brachiopod palaeobiogeography: a quantitative approach, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 162, 299-318. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(00\)00133-4](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(00)00133-4).
- Shen, S.Z., and Shi, G.R., 2007. Lopingian (Late Permian) brachiopods from South China, Part 1: Orthotetida, Orthida and Rhynchonellida, *Bulletin of the Tohoku University Museum*, 6, 1-102.
- Shen, S.Z., Xie, J.F., Zhang, H., and Shi, G.R., 2009. Roadian-Wordian (Guadalupian, Middle Permian) global palaeobiogeography of brachiopods, *Global and Planetary Change* 65, 166-181. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2008.10.017>.
- Shi, G.R., and Grunt, T.A., 2000. Permian Gondwanan -Boreal antitropicality with special reference to brachiopod faunas, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 155, 239-263. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(99\)00118-2](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(99)00118-2).
- Stampfli, G.M., and Borel, G.D., 2002. A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons, *Earth and Planetary Science Letters*, 196, 17-33.
- Stampfli, G.M., Hochard, C., Verard, C., Wilhem, C., and von Raumer, J., 2013. The formation of Pangea, *Tectonophysics* 593, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.02.037>.
- Stepanov, D.L., Golshani, F., and Stocklin, J., 1969. Upper Permian and Permian-Triassic boundary in North Iran, *Geological Survey of Iran, Report 12*, 1-72. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00588-X](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00588-X).
- Stocklin, J., 1968. Structural History and Tectonic of Iran: A Review, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 52, 1229-1258. <https://doi.org/10.1306/5D25C4A5-16C1-11D7-8645000102C1865D>.
- Taraz, H., Golshani, F., Nakazawa, K., Sgimuzu, D., Bando, Y., Ishi, K.I., Murata, M., Okimura, Y., Sakagami, S., Nakamura, K., and Tokuoka, T., 1981. The Permian and Lower Triassic Systems in Abadeh region, central Iran, *Memoirs of the Faculty of Sciences, Kyoto University, Series of Geology and Mineralogy*, 47, 61-133. [=Iranian-Japanese Research Group (IJRG)].
- Teichert, C., Kummel, B., and Sweet, W.C., 1973. Permian-Triassic strata, Kuh-e-Ali Bashi, northwestern Iran, *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 145, 359-472.

- Torsvik, T.H., and Cocks, L.R.M., 2004. Earth geography from 400 to 250 Ma: a palaeomagnetic, faunal and facies review, *Journal of the Geological Society of London*, 161, 555-572. <https://doi.org/10.1144/0016-764903-098>.
- Viaretti, M., Crippa, G., Posenato, R., Shen, S.Z., and Angiolini, L., 2021. Lopingian brachiopods from the Abadeh section (Central Iran) and their biostratigraphic implications, *Bollettino della Societa Paleontologica Italiana*, 60 (3), 213-254. <https://doi.org/10.4435/BSPI.2021.16>.
- Williams, A., Carlson, S.J., Brunton, C.H.C., Holmer, L.E., and Popov, L.E., 1996. A supra-ordinal classification of the Brachiopoda. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (series B)* 351: 1171-1193.
- Xu, G.R., and Grant, R.E., 1994. Brachiopods near the Permian-Triassic Boundary in South China, *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 76, 1-68. <https://doi.org/10.5479/si.00810266.76.1>.
- Zanchi, A., Zanchetta, S., Berra, F., Mattei, M., Garzanti, E., Molyneux, S., Nawab, A., and Sabouri, J., 2009. The Eo-Cimmerian (Late? Triassic) orogeny in North Iran. *Geological Society, London, Special Publications*, 312, 31-55. <https://doi.org/10.1144/SP312>.