



زیست پهنه‌بندی ردیف‌های رسوبی مرز کامبرین - اردوئیسین در جنوب باختر کپه‌داغ بر اساس کنودونتهای شاخص جهانی

برات محمد قدیمی^{۱*}، عباس قادری^۲، هادی جهانگیر^۳

- ۱- دانشجوی دکتری چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳- پژوهشگر آزمایشگاه ایالتی دیرینه‌زیست‌شناسی و چینه‌شناسی، مؤسسه زمین‌شناسی و دیرینه‌شناسی نانجینگ، آکادمی علوم چین، نانجینگ، چین
* پست الکترونیک: aghaderi@um.ac.ir

چکیده

این پژوهش که بر مطالعه نهشته‌های مرز کامبرین - اردوئیسین در جنوب باختر کپه‌داغ متمرکز شده است، برای اولین بار، زیست پهنه‌های کامل کنودونتهی این بازه زمانی را در ایران به نمایش می‌گذارد. در این مطالعه ۱۲ زیست پهنه کنودونتهی شامل زیست پهنه‌های *Proconodontus muelleri* تا *Paltodus deltifer* در یک توالی رسوبی کامل و پیوسته شناسایی شده‌اند. علاوه بر این، برای اولین بار حضور عناصر کنودونتهی متعلق به جنس *Iapetognathus* به عنوان جنس شاخص جهانی در تعیین محل مرز کامبرین - اردوئیسین، از چندین لایه در زیست پهنه‌های *Cordylodus lindstromi* و *Cordylodus angulatus*، در این پژوهش گزارش می‌شود. دو افق دارای گراپتولیت *Rhabdinopora* در زیست پهنه *Cordylodus lindstromi* و نزدیک به موقعیت پیشنهادی مرز کامبرین - اردوئیسین نیز در این توالی شناسایی شده است. حضور *Rhabdinopora* و کنودونتهای *Iapetognathus* در جنوب باختر کپه‌داغ، برای تعیین محدوده مرز کامبرین - اردوئیسین و تعریف دقیق‌تر موقعیت مرز این سیستم، از اهمیت برجسته‌ای برخوردار است و می‌تواند به ما در توسعه اطلاعات چینه‌شناسی منطقه و ایران کمک کند.

واژه‌های کلیدی: زیست پهنه‌بندی، کامبرین، اردوئیسین، کنودونت، گراپتولیت، ایران.

Biozonation of the Cambrian-Ordovician boundary successions in the southwest of Kopedagh based on the global index conodonts

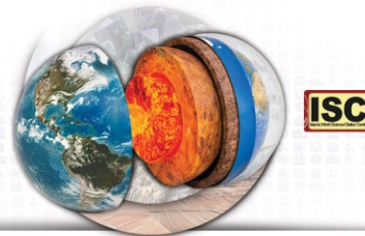
Barat Mohammad Gadimi¹, Abbas Ghaderi^{2*}, Hadi Jahangir³

- 1- Ph.D. student in Paleontology & Stratigraphy, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3- Researcher, State Laboratory of Paleobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and Paleontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, China

Email: aghaderi@um.ac.ir

Abstract

This research demonstrates the most complete conodont zones of the Cambrian-Ordovician boundary interval in the southwest of the Kopedagh for the first time. We have determined 12 conodont zones, including *Proconodontus muelleri* to *Paltodus deltifer* zones, in a complete and continuous succession of marine sedimentary rocks. Furthermore, some conodont elements of the genus *Iapetognathus* were recorded from several beds in the *Cordylodus lindstromi* and *Cordylodus angulatus* zones. This is the first report of this most significant taxon as a global index for determining the precise location of the Cambrian-Ordovician boundary. Two horizons with *Rhabdinopora* graptolites in the *Cordylodus lindstromi* zone, close



to the proposed position of the Cambrian-Ordovician boundary, have also been identified in this sequence, which more precisely confirms the position of the suggested system boundary.

مقدمه

تغییرات قابل توجه ثبت شده از تجمعات فسیلی در سنگ‌های رسوبی در یک بازه زمانی خاص و کوتاه در یک گستره جغرافیایی محدود یا وسیع، رویداد زیستی (Biotic event) خوانده می‌شود و ایجاد آن تحت تأثیر عوامل مختلف بوم‌شناختی، زیست‌شناختی تکاملی و افزایش یا کاهش تنوع گروه‌های فسیلی است [1]. در آغاز اردوئین و بلافاصله پس از وقفه زیستی فورنگین در پایان کامبرین، یک از بزرگترین رویدادهای تنوع زیستی تاریخ زمین رخ داده که در نوشته‌های مختلف از آن با نام "رویداد بزرگ تنوع زیستی اردوئین" یا به اختصار GOBE یاد شده است. این رویداد به پیچیدگی قابل توجهی در توسعه حیات دریایی در این بازه زمانی انجامیده است [2, 3]. بررسی این رویداد نیازمند تعیین دقیق جایگاه مرز زمانی فورنگین - ترمادوسین و شناخت نهشته‌های پیرامون این مرز است. یکی از دلایل فراوانی مطالعات بر روی توالی رسوبی پیرامون مرز کامبرین - اردوئین در مناطق مختلفی مثل چین جنوبی و شمالی، حوزه بالتیک و اسکاندیناوی، امریکای شمالی، استرالیا و حتی آرژانتین نیز ردیابی روند تغییرات زیستی مورد سخن در این مناطق بوده که توجه پژوهشگران زیادی را در سال‌های اخیر به خود جلب کرده است (برای مثال: [2,4,5]).

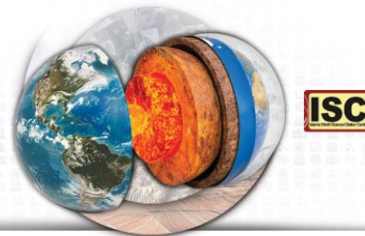
مطالعه نهشته‌های کامبرین - اردوئین در ایران؛ اگرچه در حدود ۵۰ سال پیش آغاز شده است (برای مثال: [8,9]) و در دو دهه اخیر نیز مطالعات بسیار ارزشمندی توسط محققین در نواحی مختلف حوضه‌های البرز، ایران مرکزی، کپه‌داغ و زاگرس صورت گرفته است (برای مثال: [8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22])، اما جایگاه دقیق آشکوب‌ها و زیست‌پهنه‌بندی‌های استاندارد هنوز کامل نشده و مطالعه رویدادهای تنوع زیستی نیز نیازمند پژوهش‌های بیشتری است.

وجود بروزندهای مناسب و قابل دسترسی از نهشته‌های کامبرین - اردوئین در منطقه شمال باختر اسفراین و شمال سنخواست از توابع شهرستان جاجریم در کپه‌داغ باختری، شرایط مناسبی را برای تمرکز و توسعه پژوهش‌های زیست‌چینه‌شناختی در این گستره زمانی فراهم نموده است. به همین منظور، پژوهش حاضر در این گستره زمانی - مکانی تعریف و برای انجام آن از مهمترین گروه‌های فسیلی استاندارد و زیست‌پهنه‌ساز جهانی این زمان یعنی کنودونت‌ها و گراپتولیت‌ها استفاده شده است.

بحث

نهشته‌های گذر کامبرین - اردوئین در کوه‌های سالوک (جنوب باختر کپه‌داغ) در سه برش چینه‌شناسی مختلف شامل برش‌های چینه‌شناسی کلات ۱ و ۲ در فاصله ۴۵ کیلومتری جاده بجنورد به اسفراین (نزدیکی روستای کلات) و برش چینه‌شناسی قلّی در فاصله ۵۰ کیلومتری جاده بجنورد به سنخواست (شمال روستای قلّی) مدنظر قرار گرفته‌اند (شکل ۱). این برش‌ها به ترتیب در گستره نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بجنورد [23] و سنخواست [24] قرار دارند. نهشته‌های مرز کامبرین - اردوئین در این ناحیه در ریفت فعال قاره‌ای که با آتشفشان‌های بازالتی درون صفحه‌ای گسترده در ارتباط بوده‌اند، نهشته شده‌اند. همسانی رخساره‌ای واحدهای سنگ‌چینه‌ای پالئوزوئیک زیرین این ناحیه با البرز و ایران مرکزی سبب شده است تا برای معرفی این واحدها از واژه‌های سازندی این مناطق استفاده شود. بر همین اساس، واحدهای سنگ‌چینه‌ای پالئوزوئیک زیرین در این منطقه در قالب عضوهای ۳، ۴ و ۵ سازند میلا، سازند قلّی و سازند نیور معرفی شده‌اند؛ اگرچه در مطالعات جدید Ghobadi Pour et al. [15]، برخی از این واحدهای چینه‌شناسی با اسامی جدید نام‌گذاری و معرفی شده‌اند.

توالی مورد مطالعه در برش چینه‌شناسی قلّی از نظر سنگ‌چینه‌نگاری شامل سنگ‌آهک‌های نازک تا سترلایه دانه درشت رنگ روشن گلاکونیت‌دار همراه با بایوکلاست‌های فراوان در قسمت قاعده است که به سمت بالای توالی، به طور غالب، با تناوبی از ماسه‌سنگ، شیل، و ماسه‌سنگ آهکی مشخص شده و در نهایت با شیل‌های سیلتی خاکستری تیره و میان‌لایه‌ها و ندول‌های سنگ‌آهکی سبز رنگ مشخص می‌گردد. حد بالایی این نهشته‌ها نیز با واحدهای بازالتی قاعده سازند قلّی به صورت همشیب مشخص است. قالب‌های وزنی، طبقه‌بندی مورب، چین‌های لغزشی و دانه‌بندی تدریجی، از جمله ساخت‌های مهم رسوبی قابل مشاهده در این نهشته‌ها است.



از نظر گاری بخش قاعده‌ای این نهشته‌ها در برش‌های چینه‌شناسی کلات ۱ توسط واریزه‌های آرژیلیتی هوازده که از افق‌های شیل و آرژیلیتی جوان‌تر حاصل شده و به پایین ریخته‌اند، پوشیده شده است. توالی کامبرین بالایی در این برش‌ها، عمدتاً شامل تناوبی از سنگ‌آهک‌های ندولار ارغوانی و خاکستری و واحدهای شیلی است و توالی اردوئین زیرین عمدتاً شامل شیل‌های خاکستری تیره با میان‌لایه‌هایی از سنگ‌آهک‌های نازک تا متوسط لایه است. چندین واحد بازالتی با سبزی برای متفاوت در طول توالی رخمون دارند. توالی کامبرین - اردوئین در برش چینه‌شناسی کلات ۲ که از ضخامت ۸۲ متری برخوردار است در قاعده از یک واحد بازالتی تشکیل شده است و به سمت رأس شامل تناوبی از سنگ‌آهک‌های ندولار ارغوانی و خاکستری و واحدهای شیلی خاکستری تیره است که گاه میان‌لایه‌هایی از سنگ‌آهک‌های نازک لایه در این واحدها رخمون دارند.

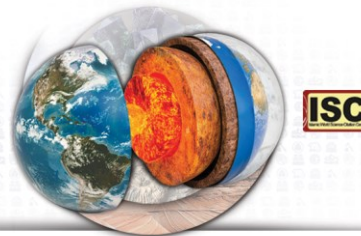


شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش‌های مورد مطالعه

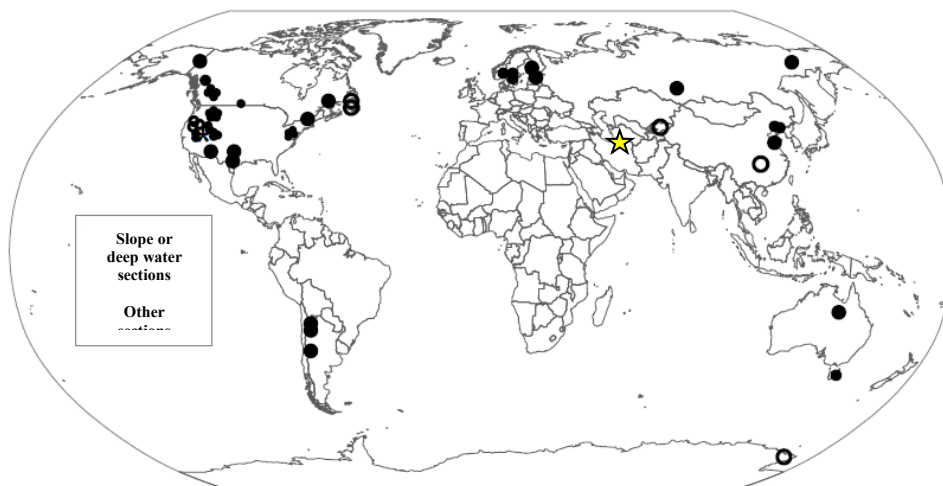
در مجموع ۴۰۵ نمونه با وزن کلی حدود ۱۶۰۰ کیلوگرم، از برش‌های چینه‌شناسی مورد مطالعه در این پژوهش برداشت و در آزمایشگاه آماده‌سازی فسیل دانشگاه فردوسی مشهد، به کمک استیک اسید ۱۰ درصد، اسیدشویی شدند. عناصر اسکلتی به دست آمده از کنودونت‌ها مطالعه و با توجه به اهمیت بررسی گسترش حفره قاعده‌ای در شناسایی برخی گونه‌های شاخص همچون یوکنودونت‌ها، تعدادی از این عناصر در محلول گلیسرین قرار گرفته و پس از بررسی حفره‌های قاعده‌ای در زیر میکروسکوپ بیناکولار الیمپوس با نور عبوری، به کمک دوربین عکاسی Canon EOS 60D از این عناصر عکس‌برداری شد. همچنین از فرم‌های متفاوت کنودونتی به دست آمده، به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل Leo 1450VP در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد، تصویربرداری انجام گرفت.

کنودونت‌های به دست آمده از برش‌های چینه‌شناسی مورد مطالعه با تفاوت جزئی، متعلق به سه گروه پروتوکنودونت‌ها، پاراکنودونت‌ها و یوکنودونت‌ها هستند و از قدیم به جدید در قالب ۱۲ زیست‌پهنه کنودونتی مختلف شامل *Westergaardodina-Prooneotodus*, *Cordylodus*, *Cordylodus caboti*, *Cordylodus proavus*, *Cordylodus andersi*, *Eoconodontus*, *Proconodontus muelleri*, *Paltodus deltifer* و *Rosodus manitouensis*, *Cordylodus angulatus*, *Iapetognathus*, *Cordylodus intermedius*, *Iindstromi* تقسیم‌بندی می‌شوند. این زیست‌پهنه‌ها مؤید پیوستگی زمان‌چینه‌ای توالی مورد مطالعه در این برش و حضور تمامی زیست‌پهنه‌های استاندارد جهانی هستند. آن چه در این پژوهش حائز اهمیت فراوان است، شناسایی عناصر کنودونتی *Iapetognathus* از چندین لایه مختلف در زیست‌پهنه‌های *Cordylodus angulatus* و *Cordylodus lindstromi* برای اولین بار در ایران است (شکل ۲). این جنس برای تعیین محدوده مرز کامبرین - اردوئین و تعریف دقیق‌تر موقعیت این مرز از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است و می‌تواند به ما در توسعه اطلاعات چینه‌شناسی منطقه و ایران کمک کند.

کمیته بین‌المللی چینه‌شناسی، جایگاه مرز کامبرین - اردوئین را همزمان با اولین ظهور گونه کنودونتی *Iapetognathus fluctivagus* که اولین بار توسط Nicoll et al. [25] معرفی شده بود، تعیین و برش الگوی آن را در گرین‌پوینت در نیوفاندلند کانادا، ثبت و مصوب نموده است. این سطح، نزدیک اولین ظهور گراپتولیت‌های دیکتیونمید پلانکتونیک قرار دارد [26]. برش GSSP تعریف شده در گرین‌پوینت از این نظر که تاکسونومی گونه کنودونتی *Iapetognathus fluctivagus* در آن به خوبی توصیف شده است، مورد توجه کمیته بین‌المللی چینه‌شناسی قرار گرفته است. با وجود آن که مطالعات دوباره Terfelt et al. [27] بر روی برش مذکور، اولین حضور این گونه در محدوده



مرز را قدری مورد تردید قرار داده است، اما Miller et al. [28] این موضوع را رد کرده و اولین حضور جنس *Iapetognathus* را مبنای برای شروع ترمادوسین در نظر گرفته‌اند.



شکل ۲: گسترش جهانی جنس کنودنتی *Iapetognathus* (برگرفته از Miller et al., 2014b) که رکورد یافت شده از ایران (ستاره زردرنگ) نیز به آن اضافه شده است.

با این توضیح، اولین حضور جنس یاد شده در برش های چینه‌شناسی مورد مطالعه به عنوان قاعده ترمادوسین و شروع زیست‌پهنه همانم در نظر گرفته شده است. رأس این زیست‌پهنه نیز با اولین حضور گونه *Cordylodus angulatus* مشخص می‌شود. کنودنت‌های همراه در زیست‌پهنه *Iapetognathus* را گونه‌های *Iapetognathus jilinensis*, *Cordylodus intermedius*, *Cordylodus lindstromi*, *Phakelodus*, *Semiacontiodus nagami* و *Teridontus nakamurai*, *Prooneotodus rotundatus*, *Proconodontus muelleri* و *tenius* در برمی‌گیرند (شکل ۳).

Series	Stage	N American Conodont biozones (Miller et al. 2016)	Selected Taxa from GSSP for base of the Ordovician at Green point, W newfounland	Conodont Species record from the south of Kopedagh (this study)
Lower Ordovician	Tremadocian	<i>Rosodus manitouensis</i> Subzone	<i>Cordylodus proavus</i> <i>C. lindstromi</i> s.l. <i>Hissodontodus simplex</i> <i>Iapetognathus fluctivagus</i> <i>Iapetognathus aengensis</i> <i>Cordylodus angulatus</i>	<i>Cordylodus proavus</i> <i>Cordylodus lindstromi</i> <i>Cordylodus caseyi</i> <i>Iapetognathus aengensis</i> <i>Iapetognathus jilinensis</i> <i>Semiacontiodus nagami</i> <i>Cordylodus angulatus</i> <i>Laurestocambodus triangularis</i> <i>Rosodus cf. manitouensis</i>
		<i>L. bransoni</i> Subzone		
Upper Cambrian	Stage 10	<i>Cordylodus angulatus</i>	<i>C. intermedius</i> <i>C. lindstromi</i> s.l. <i>Hissodontodus simplex</i> <i>Iapetognathus fluctivagus</i> <i>Iapetognathus aengensis</i> <i>Cordylodus angulatus</i>	<i>Cordylodus proavus</i> <i>Cordylodus lindstromi</i> <i>Cordylodus caseyi</i> <i>Iapetognathus aengensis</i> <i>Iapetognathus jilinensis</i> <i>Semiacontiodus nagami</i> <i>Cordylodus angulatus</i> <i>Laurestocambodus triangularis</i> <i>Rosodus cf. manitouensis</i>
		<i>Iapetognathus</i>		
		<i>Cordylodus lindstromi</i>		
		<i>C. hintzei</i> Subzone		
		<i>Cordylodus intermedius</i>	<i>C. intermedius</i> <i>C. lindstromi</i> s.l. <i>Hissodontodus simplex</i> <i>Iapetognathus fluctivagus</i> <i>Iapetognathus aengensis</i> <i>Cordylodus angulatus</i>	<i>Cordylodus proavus</i> <i>Cordylodus lindstromi</i> <i>Cordylodus caseyi</i> <i>Iapetognathus aengensis</i> <i>Iapetognathus jilinensis</i> <i>Semiacontiodus nagami</i> <i>Cordylodus angulatus</i> <i>Laurestocambodus triangularis</i> <i>Rosodus cf. manitouensis</i>
		<i>H. simplex</i> Subzone		
		<i>C. elongates</i> Subzone		
		<i>F. inornatus</i> Subzone		
		<i>Cordylodus proavus</i>	<i>C. intermedius</i> <i>C. lindstromi</i> s.l. <i>Hissodontodus simplex</i> <i>Iapetognathus fluctivagus</i> <i>Iapetognathus aengensis</i> <i>Cordylodus angulatus</i>	<i>Cordylodus proavus</i> <i>Cordylodus lindstromi</i> <i>Cordylodus caseyi</i> <i>Iapetognathus aengensis</i> <i>Iapetognathus jilinensis</i> <i>Semiacontiodus nagami</i> <i>Cordylodus angulatus</i> <i>Laurestocambodus triangularis</i> <i>Rosodus cf. manitouensis</i>
		<i>H. hirsutus</i> Subzone		

شکل ۳: مقایسه کنودنت‌های ثبت شده در زیست‌پهنه *Iapetognathus* در این مطالعه با فونای هم‌سن از برش گرین‌پوینت در نیوفاندلند در نوشته Cooper et al., 2001



نتیجه گیری

بنابر یافته‌های این پژوهش، منطقه جنوب باختر کپه‌داغ تاکنون دربردارنده کاملترین نهشته‌های گذر کامبرین - اردوئین در ایران است که تمامی زیست‌پهنه‌های استاندارد کنودونتی را به نمایش می‌گذارد. این توالی مشتمل بر ۱۲ زیست‌پهنه کنودونتی از *Proconodontus muelleri* تا *Paltodus deltifer* است. افق دارای گراپتولیت *Rhabdinopora* در زیست‌پهنه *Cordylodus lindstromi* نزدیک به موقعیت مرز کامبرین - اردوئین در این توالی ثبت شده است. اولین حضور عناصر کنودونتی *Iapetognathus* در چند لایه مختلف در بین زیست‌پهنه‌های *Cordylodus lindstromi* و *Cordylodus angulatus* برای اولین بار از ایران گزارش می‌شود که برای تعیین محدوده مرز کامبرین - اردوئین و تعریف دقیق‌تر موقعیت مرز این دوره‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است.

منابع

- 1- Sageman, B.B., Kauffman E.G., Harries P.J., & Elder W.P., 1997. Cenomanian/Turonian bioevent and ecostratigraphy in the Western Interior Basin: contrasting scales of local, regional, and global events. In: Brett, C.E. & Baird, G.C., (ed.), *Paleontological Events - Stratigraphic, Ecological and Evolutionary Implications*. Columbia University Press. New York, pp. 520-570.
- 2- Servais, T., Lehnert, O., Li, J., Mullins, G.L., Munnecke, A., & Nutz, A., 2008. The Ordovician Biodiversification: revolution in the oceanic trophic chain. *Lethaia*, 41: 99-109.
- 3- Servais, T., & Harper, D.A.T., 2018. The Ordovician Biodiversification Event (GOBE): definition, concept and duration. *Lethaia*, 51: 151-164.
- 4- Munnecke, A., Calner, M., Harper, D.A.T., & Servais, T., 2010. Ordovician and Silurian sea-water chemistry, sea level, and climate: A synopsis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 296 (3-4): 389-413.
- 5- Droser, M.L., & Finnegan, S., 2003, The Ordovician Radiation: A follow-up to the Cambrian Explosion? *Integrative and Comparative Biology*, 43: 178-184
- 6- Kushan, B., 1973. Stratigraphie und trilobiten Fauna in der Mila-Formation Mittelmakmbrium-Tremadoc) im Alborz-Gebirge (N-Iran). *Palaeontographica*, A144: 113-165.
- 7- Muller, K.J., 1973. Late Cambrian and early Ordovician Conodonts from northern Iran. *Geological Survey of Iran*, Report No. 30: 1-78.
- 8- Ghavidel-Syooki, M., 2006. Palynostratigraphy & palaeogeography of the Cambro-Ordovician strata in southwest of Shahrud city (Kuh-e Kharbash, near Deh-Molla), Central Alborz, Northern Iran. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 139: 81-95.
- ۹- قادری، ع، آقاباتی، س.ع، حمدی، ب، سعیدی، ع، ۱۳۸۷. الف. زیست چینه نگاری سازند شیرگشت در کوه‌های کلمرد واقع در جنوب باختری طبس بر اساس کنودونتها. فصلنامه علوم زمین، ۷۰: ۲۸-۳۷.
- 10- Ghobadi Pour, M., 2006. Early Ordovician (Tremadocian) trilobites from Simeh-Kuh, Eastern Alborz, Iran. In: Bassett, M.G., & Deisler, V.K., (eds.), *Studies in Palaeozoic paleontology. National Museum of Wales Geological Series*, 25: 93-118.
- 11- Ghobadi Pour, M., Vidal, M., & Hosseini-Nezhad, M., 2007a. An Early Ordovician trilobite assemblage from the Lashkarak Formation, Damghan area, Northern Iran. *Geobios*, 40: 489-500.
- 12- Ghobadi Pour, M., Williams, M., & Popov, L.E., 2007b. A new Middle Ordovician arthropod fauna (Trilobita, Ostracoda, Bradoriida) from the Lashkarak Formation, Eastern Alborz Mountains, northern Iran. *Geologiska Föreningens Förhandlingar (GFF)*, 129 (3): 245-254.
- 13- Ghobadi Pour, M., Kebriaee-Zadeh, M.R., & Popov, L.E., 2011a. Early Ordovician (Tremadocian) brachiopods from Eastern Alborz Mountains, Iran. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 60: 65-82.
- 14- Ghobadi Pour, M., Mohibullah, M., Williams, M., Popov, L.E., & Tolmacheva, T.Y., 2011b. New, early ostracods from the Ordovician (Tremadocian) of Iran: systematic, biogeographical and palaeoecological significance. *Alcheringa*, 35: 517-529.
- 15- Ghobadi Pour, M., Popov, L.E., Alvaro, J., Amini, A., Hairapetian, V., & Jahangir, H., 2022. Ordovician of North Iran: New lithostratigraphy, paleogeography and biogeographical links with South China and the Mediterranean peri-Gondwana margin. *Bulletin of Geosciences*, 97 (4): 465-538.
- 16- Popov, L.E., Ghobadi Pour, M., & Hosseini, M., 2008. Early to Middle Ordovician lingulate brachiopods from the Lashkarak Formation, Eastern Alborz Mountains, Iran. *Alcheringa*, 32: 1-35.
- 17- Popov, L.E., Ghobadi Pour, M., Bassett, M.G., & Kebriaee-Zadeh, M.R., 2009. Billingsellide and orthide brachiopods new insights into earliest Ordovician evolution and biogeography from northern Iran. *Palaeontology*, 52 (1): 35-52.
- 18- Bogolepova, O.K., Kröger, B., Falahatgar, M., & Javidan, M., 2014. Middle Ordovician cephalopods from the Abarsaj area, northern Iran. *Geologiska Föreningens Förhandlingar (GFF)*, 136 (1): 34-37.
- 19- Jahangir, H., Ghobadi Pour, M., Holmer, L.E., Popov, L.E., Ashouri, A.R., Rushton, A., Tolmacheva, T.Yu., & Amini, A., 2015. Biostratigraphy of the Cambrian-Ordovician boundary beds at Kopet-Dagh, Iran. *Stratigraphy*, 12 (2): 40-47.



- 20- Jahangir, H., Ghobadi Pour, M., Ashouri, A.R., & Amini, A., 2016. Terminal Cambrian and Early Ordovician (Tremadocian) conodonts from Eastern Alborz, north-central Iran. *Alcheringa*, 40 (2): 219-243.
- 21- Poursalehi, F., Voldman, G., Bahrami, A., & Mango, M.J., 2023. New insights into the conodont biostratigraphy and paleobiogeography of the Katkoyeh Formation (Lower–Upper Ordovician) at the Katkoyeh Section, East-Central Iran. *Palaeoworld*, DOI: 10.1016/j.palwor.2023.09.003.
- ۲۲- نویدی ایزد، ن.، ۱۳۹۹. چینه‌شناسی تلفیقی نهشته‌های کامبرین میانی - بالایی و اردوئین البرز مرکزی و شرقی. رساله دکتری، دانشگاه خوارزمی تهران، ۳۲۹ ص.
- ۲۳- جعفریان، م.ب.، طاهری، ج.، ۱۳۷۱. نقشه زمین‌شناسی بجنورد به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲۴- سهیلی، م.، سهندی، م.ر.، ۱۳۷۵. نقشه زمین‌شناسی چهارگوش سنخواست، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- 25- Nicoll, R.S., Miller, J.F., Nowlan, G.S., Repetski, J.E. & Ethington, R.L., 1999: *Iapetognathus* (new genus) and *Iapetognathus* Landing, unusual earliest Ordovician multielement conodont taxa and their utility for biostratigraphy. *Brigham Young University Geology studies*, 44: 27-101.
- 26- Finney, S., Peralta, S., Gehrels G., Marsaglia, K. 2005. The Early Paleozoic history of the Cuyania (greater Precordillera) terrane of western Argentina: evidence from geochronology of detrital zircons from Middle Cambrian sandstones. *Geologica Acta*, 3 (4): 339-354.
- 27- Terfelt, F., Babnoli, G. & Stouge, S., 2012. Re-evaluation of the conodont *Iapetognathus* and implications for the base of the Ordovician system GSSP. *Lethaia* 45, 227-237.
- 28- Miller, J.F., Repetski, J.E., Nicoll, R.S., Nowlan, G., & Ethington, R.L., 2014b, the conodont *Iapetognathus* and its value for defining the base of the Ordovician System. *Geologiska Föreningens Förhandlingar (GFF)*, 136: 185-188.