چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علوم زمین
The 42nd National Geosciences Congress
www.geoconf.ir
ISC

زیست‌پهنه‌بندی ردیف‌های رسوبی مرز کامبرین ـ اردویسین در جنوب باختر کپه‌داغ بر اساس کنودونت‌های شاخص جهانی

برات‌محمد قدیمی[۱*]، عباس قادری[۲]، هادی جهانگیر[۳]

۱ـ دانشجوی دکتری چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲ـ دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳ـ پژوهشگر آزمایشگاه ایالتی دیرینه زیست‌شناسی 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 ـ اردویسین در جنوب باختر کپه‌داغ متمرکز شده است، برای اولین بار، زیست‌پهنه‌های کامل کنودونتی این بازه زمانی را در ایران به نمایش می‌گذارند. در این مطالعه ۱۲ زیست‌پهنه کنودونتی شامل زیست‌پهنه‌های *Proconodontus muelleri* تا *Paltodus deltifer* در یک توالی رسوبی کامل و پیوسته شناسایی شده‌اند. علاوه بر این، برای اولین بار حضور عناصر کنودونتی متعلق به جنس *Iapetognathus* به عنوان جنس شاخص جهانی در تعیین محل مرز کامبرین ــ اردویسین، از چندین لایه در زیست‌پهنه‌های *Cordylodus lindstromi* و *Cordylodus angulatus*، در این پژوهش گزارش می‌شود. دو افق دارای گراپتولیت *Rhabdinopora* در زیست‌پهنه *Cordylodus lindstromi* و نزدیک به موقعیت پیشنهادی مرز کامبرین ـ اردویسین نیز در این توالی شناسایی شده است. حضور *Rhabdinopora* و کنودونت های *Iapetognathus* در جنوب باختر کپه‌داغ، برای تعیین محدوده مرز کامبرین ـ اردویسین 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: زیست‌پهنه‌بندی، کامبرین، اردویسین، کنودونت، گراپتولیت، ایران.

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

Barat Mohammad Gadimi[1], Abbas Ghaderi[2*], Hadi Jahangir[3]

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 اردویسین و بلافاصله پس از وقفه زیستی فورنگین در پایان کامبرین، یک از بزرگترین رویدادهای تنوع زیستی تاریخ زمین رخ داده که در نوشته های مختلف از آن با نام "رویداد بزرگ تنوع زیستی اردویسین" یا به اختصار GOBE یاد شده است. این رویداد به پیچیدگی قابل‌توجهی در توسعه حیات دریایی در این بازه زمانی انجامیده است [2, 3] . بررسی این رویداد نیازمند تعیین دقیق جایگاه مرز زمانی فورنگین ـ ترمادوسین و شناخت نهشته‌های پیرامون این مرز است. یکی از دلایل فراوانی مطالعات بر روی توالی رسوبی پیرامون مرز کامبرین ــ اردویسین 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 ـ اردویسین 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 حوضه های 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 برونزدهای مناسب و قابل دسترسی از نهشته‌های کامبرین ـ اردویسین در منطقه شمال باختر اسفراین و شمال سنخواست از توابع شهرستان جاجرم 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 ـ مکانی تعریف و برای انجام آن از مهمترین گروه های فسیلی استاندارد و زیست‌پهنه‌ساز جهانی این زمان یعنی کنودونت‌ها و گراپتولیت‌ها استفاده شده است.

بحث

نهشته‌های گذر کامبرین ـ اردویسین در کوه‌های سالوک (جنوب باختر کپه‌داغ) در سه برش چینه‌شناسی مختلف شامل برش‌های چینه شناسی کلات ۱ و ۲ در فاصله ۴۵ کیلومتری جاده بجنورد به اسفراین (نزدیکی روستای کلات) و برش چینه شناسی 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 ـ اردویسین در این ناحیه در ریفت فعال قاره‌ای که با آتشفشان‌های بازالتی درون‌صفحه‌ای 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 واژه های سازندی این مناطق استفاده شود. بر همین اساس، واحدهای سنگ چینه‌ای 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 ستبرلایهٔ 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 می گردد. حد بالایی این نهشته‌ها نیز با واحدهای بازالتی قاعده سازند قلّی به صورت همشیب مشخص است. قالب‌های وزنی، طبقه‌بندی مورّب، 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 اردویسین زیرین عمدتاً شامل شیل‌های خاکستری تیره با میان‌لایه‌هایی از سنگ‌آهک‌های نازک تا متوسط لایه است. چندین واحد بازالتی با ستبرای متفاوت در طول توالی رخنمون دارند. توالی

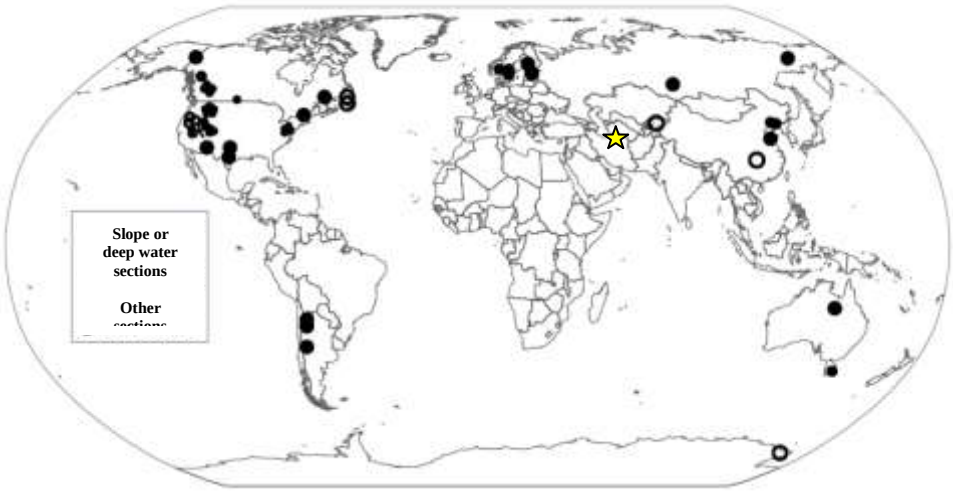
کامبرین ـ اردویسین در برش چینه‌شناسی کلات ۲ که از ضخامت ۸۲ متری برخوردار است در قاعده از یک واحد بازالتی تشکیل شده است و به سمت رأس شامل تناوبی از سنگ‌آهک‌های ندولار ارغوانی و خاکستری و واحدهای شیلی خاکستری تیره است که گاه میان‌لایه‌هایی از سنگ‌آهک‌های نازک لایه در این واحدها رخنمون دارند.

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به برش های مورد مطالعه

در مجموع ۵۰۵ 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 گلیسیرین 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 به‌دست آمده، به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل Leo 1450VP در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد، تصویربرداری انجام گرفت.

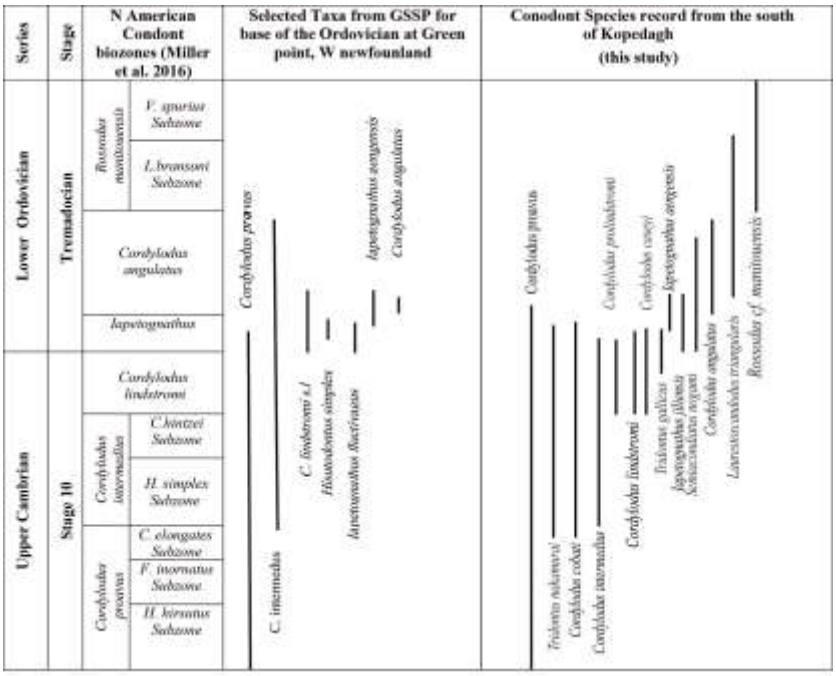
کنودونت‌های به دست آمده از برش های چینه‌شناسی مورد مطالعه با تفاوت جزئی، متعلق به سه گروه پروتوکنودونت‌ها، پاراکنودونت‌ها و یوکنودونت‌ها هستند و از قدیم به جدید در قالب ۱۲ زیست‌پهنه کنودونتی مختلف شامل *Westergaardodina-Prooneotodus*، *Proconodontus muelleri*، *Eoconodontus*، *Cordylodus andersi*، *Cordylodus proavus*، *Cordylodus caboti*، *Cordylodus* *lindstromi*، *Cordylodus intermedius*، *Iapetognathus*، *Cordylodus angulatus*، *Rossdus manitouensis* و *Paltodus deltifer* 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 lindstromi* و *Cordylodus angulatus* برای اولین بار در ایران است (شکل ۲). این جنس برای تعیین محدوده مرز کامبرین ـ اردویسین 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 ـ اردویسین 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 نیوفانلند کانادا، ثبت و مصوّب 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 کنودونتی *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 همنام درنظر گرفته شده است. رأس این زیست‌پهنه نیز با اولین حضور گونه *Cordylodus angulatus* مشخص می‌شود. کنودونت‌های همـراه در زیست‌پهنه *Iapetognathus* را گونه‌هـای *Iapetognathus jilinensis*، *Cordylodus intermedius*، *Cordylodus lindstromi*، *Phakelodus tenuis*، *Proconodontus muelleri*، *Prooneotodus rotundatus*، *Teridontus nakamurai* و *Semiacontiodus nagami* دربرمـی‌گیرنـد (شکل ۳).



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

نتیجه‌گیری

بنابر یافته‌های این پژوهش، منطقه جنوب باختر کپه‌داغ تاکنون دربردارنده کاملترین نهشته‌های گذر کامبرین ـ اردویسین در ایران اسـت که تمامی زیست‌پهنه‌های استاندارد کنودونتی را به نمایش می‌گذارد. این توالی مشتمل بر ۱۲ زیست‌پهنه کنـودونتی از *Proconodontus muelleri* تا *Paltodus deltifer* است. افق دارای گراپتولیت *Rhabdinopora* در زیست پهنه *Cordylodus lindstromi* نزدیک بـه موقعیـت

مرز کامبرین ـ اردویسین در این توالی ثبت شده است. اولین حضـور عناصـر کنـودونتی *Iapetognathus* در چنـد لایـه مختلـف در بـین زیست‌پهنه‌های *Cordylodus lindstromi* و *Cordylodus angulatus* برای اولین بار از ایران گزارش می‌شود که برای تعیین محـدوده مـرز کامبرین ـ اردویسین 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., & Nutzel, 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 Mittelkambrium-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.، آقانباتی، س.ع.، حمدی، ب.، سعیدی، ع.، ۱۳۸۷الف. 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. Billengsellide 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- نویدی‌ایزد، ن.، ۱۳۹۹. چینه‌شناسی تلفیقی نهشته‌های کامبرین میانی ـ بالایی و اردویسین البرز مرکزی و شرقی. *رساله دکتری، دانشگاه خوارزمی تهران*، ۳۲۹ص.

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 ۱۰۰۰۰۰: ۱. 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.