**تخمین پارامترهای هیدرولوژیکی دیرینه با استفاده ازاختصاصات رسوبی: رسوبات پادگانه­ای آبرفتی نئوژن شهر بیرجند**

**مریم مرتضوی مهریزی1، عالیه اشرفی2\***

1استادیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، mmortazavi@birjand.ac.ir

2\*دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، aliyeh.ashrafi.2512@gmail.com

**چکیده**

منطقه مورد مطالعه در شهر بیرجند جزء زون رسوبی- ساختاری شرق ایران محسوب می­شود و شامل نهشته­های رسوبی آبرفتی به سن نئوژن است. بر اساس مطالعات قبلی، نهشته­های آبرفتی فوق شامل رخساره­های کنگلومرایی، ماسه­سنگی و گل­سنگی است. مجموعه­ای از رخساره­های سنگی کنگلومرایی (Gmm, Gmg, Gcm, Gh, Gp)، ماسه­سنگی (Sh, Sl, Sm, St) و گل­سنگی (Fl, Fm) در پنج عنصر ساختاری، رسوبات پرکننده کانال (CH)، سدها و اشکال لایه­ای گراولی (GB)، نهشته­های حاصل از جريان گراويته­اي رسوب (SG)، اشکال لایه­ای ماسه­ای (SB) و رسوبات دانه­ریز دشت سیلابی (FF) شکل گرفته­اند. بر اساس رخساره­های سنگی و عناصر ساختاری شناسایی شده و بر مبنای مدل­های رخساره­ای رودخانه­ای ارائه شده، مدل رسوبی رودخانه­ای بریده بریده نزدیک به منشأ برای این نهشته­ها پیشنهاد شده است. تخمین پارامترهای هیدرولوژیکی دیرینه بر اساس اختصاصات رسوبات گراولی انجام شده است.

**کلید واژه ها: رخساره­های سنگی، بریده­بریده با بستر گراولی، هیدرولوژی دیرینه، پادگانه­های آبرفتی، بیرجند.**

**Palaeohydrological parameters estimation by using sedimentary characters: Neogene alluvial terraces deposits of Birjand city**

**Maryam Mortazavi Mehrizi1, Aliyeh Ashrafi2\***

1Assistant professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Birjand, mmortazavi@birjand.ac.ir

2\*MSc graduate, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Birjand, aliyeh.ashrafi.2512@gmail.com

**Abstract**

The study area in the Birjand city is a part of the sedimentary-structural zone of eastern Iran and includes alluvial sedimentary deposits with Neogene age. Based on the previous studies, the above-mentioned alluvial deposits include conglomerate, sandstone and mudstone lithofacies. A set of conglomerate lithofacies (Gmm, Gmg, Gcm, Gh, Gp), sandstone lithofacies (Sh, Sl, Sm, St) and mudstone (Fl, Fm) deposits are formed in the five architectural elements including the channel filling deposits (CH), the gravel bars and bedforms (GB), the sediment gravity flow deposits (SG), sandy bedforms (SB) and overbank fines (FF). Based on identified lithofacies and architectural elements and based on the fluvial facies models that are provided, proximal braided river model are suggested for these sediments. The Palaeohydrological estimation was made based on the gravel sediments characteristics.

**Key words: Lithofacies, Gravel bed braided, palaeohydrology, Alluvial terraces, Birjand.**

**مقدمه**

رخسارهﻫﺎي رﺳﻮﺑﯽ رودﺧﺎﻧﻪ­ای اﻃﻼﻋــﺎت ﻣﻬﻤــﯽ در ﻣــﻮرد ﻣﺤــﯿﻂ و ﻣﯿــﺰان رﺳـﻮبﮔـﺬاري، وﺳــﻌﺖ و ﺗﻮﺳـﻌﻪ ﮐﺎﻧــﺎل رودﺧﺎﻧـﻪ و دﺷــﺖ ﺳـﯿﻼﺑﯽ اراﺋــﻪ ﻣـﯽﮐﻨﻨــﺪ. اﯾـﻦ رﺧﺴــﺎرهﻫـﺎی سنگی ﮐــﻪ در ﺷــﺮاﯾﻂ ﻣﺨﺘﻠﻒ رﺳﻮﺑﯽ ﺑﺮﺟﺎي ﮔﺬاﺷﺘﻪ ﻣـﯽ­ﺷـﻮند، در اثر ﺗﻐﯿﯿـﺮات رژﯾــﻢ ﺟﺮﯾــﺎن و ﯾــﺎ تغییر در ﻣﺤــﯿﻂ رﺳــﻮﺑﯽ ایجاد می شوند. شهر بیرجند مرکز استان خراسان جنوبی می‌باشد که در 486 کیلومتری جنوب غربی مشهد واقع شده است. منطقه مورد نظر شامل پادگانه­های آبرفتی شهر بیرجند با سن نئوژن است که در موقعیت جغرافیایی 00̋ ́11 ˚59 تا ̋ 30 ́ 16 ˚ 59 طول شرقی و ̋ 28 ́ 52 ˚ 32 تا ̋ 55 ́ 53 ˚ 32 عرض شمالی قرار­گرفته ­است. منطقه مورد مطالعه، بخشی از پهنه ساختاری شرق ایران است که در تقسیم­بندی پهنه­های رسوبی- ساختاری ایران تحت عنوان حوضه فلیشی شرق ایران نامیده شده و در مجاورت حاشیه شمال غربی بلوک لوت قرار­دارد. رسوبات پادگانه­ای نئوژن این محدوده، با توپوگرافی کم ­ارتفاع و به شکل تپه­ماهوری با روندی شمال غربی- جنوب شرقی در منطقه گسترش دارد. 8 موقعیت برداشت از این واحد انتخاب شده که اکثرا در محل برش جاده­ها قرار دارند. از آنجایی که تخمین سیلاب­های دیرینه بر اساس رسوبات بستر کانال دیرینه، مقاطع عرضی و سایر اختصاصات شکل کانال دیرینه صورت گرفته است (Sridhar et al. 2013) در این مطالعه نیز از ابعاد کانال دیرینه و اختصاصات رسوب­شناسی برای بازسازی میزان تخلیه دیرینه رودخانه­ای که باعث نهشت رسوبات آبرفتی نئوژن شده، استفاده شده است.

**روش مطالعه**

در منطقه مورد مطالعه 8 پادگانه آبرفتی که رخنمون مناسبی داشته جهت اندازه گیری و نمونه برداری انتخاب شده است. در پیمایش صحرایی پروفیل‌های انتخابی و بررسی ویژگی‌های اصلی رخساره‌های رسوبی نظیر اختصاصات بافتی، فابریک رسوبات و ساختمان‌های رسوبی، اصول ارائه شده توسط Stow (2005) بکاربرده شده است. انواع رخساره‌های سنگی بر اساس اندازه دانه‌ها، ساختارهای رسوبی، شکل هندسی توده‌های رسوبی و سطوح محصور کننده آن‌ها و بر مبنای طبقه بندی Miall، (2006) در سه مجموعه مرتب شده است.

**بحث**

واحدهای اصلی سازنده توالی­های رسوبی آواری رخساره­های رسوبی هستند که بر اساس اندازه دانه­ها و ساختمان­های رسوبی تعریف می­شوند. کدهای بکار برده شده شامل انواع رخساره­های سنگی استاندارد Miall (2006) می­باشد. رخساره­های سنگی مبنای تفسیر حالت­های مختلف ته­نشست رسوب هستند. آنها بر اساس دسته­بندی مکانی و ساختارهای رسوبی خویش به مجموعه­های رخساره­ای مختلف تفکیک می­شوند. در این مطالعه، رخساره­های رسوبی شناسایی شده در سه مجموعه رخساره­ای جای می­گیرند: 1) مجموعه رخساره­ای کنگلومرایی (شامل رخساره­های سنگی Gmm، Gmg، Gcm، Gh و Gp)، 2) مجموعه رخساره­ای ماسه­سنگی (شامل رخساره­های سنگی Sm، Sh، St و Sl) و 3) مجموعه رخساره­ای گل­سنگی (شامل رخساره­­سنگی Fl و Fm)که اختصاصات بافتی و ساختمان­های رسوبی و تفسیر شرایط رسوبگذاری هر رخساره­سنگی در جدول 1 ارائه شده است. پنج عنصر ساختاری در نهشته­های مورد مطالعه شناسایی شده است: عنصر SG یا نهشته­های حاصل از جریان­های گراویته­ای رسوب، عنصر CH یا رسوبات پرکننده کانال، GB سدها و اشکال لایه­ای کانال گراولی، SB یا اشکال لایه­ای کانال ماسه­ای و FF رسوبات دانه­ریز خارج کانال. رخساره­های سنگی، مجموعه­های رخساره­ای و فراوانی نهشته­های جریان گراویته­ای رسوب و رسوبات پرکننده کانال در نهشته­های آبرفتی مورد مطالعه نشان­دهنده وجود یک سیستم رودخانه­ای بریده بریده نزدیک به منشأ در زمان نئوژن است.

با استفاده از دو روش رژیم و ظرفیت که بر اساس تخمین سیلاب‌های دیرینه استوار می‌باشند می­توان شرایط هیدرولوژیکی جریان‌های رودخانه‌ای دیرینه را تخمین زد (Baker, 2000). روش رژیم بر اساس روابط تجربی جریان با ابعاد کانال دیرینه، اختصاصات رسوب و اشکال مرتبط انجام می‌گیرد و توسطWilliams (1984) ارائه شده است. روش ظرفیت از روابط تجربی بین اندازه دانه و شرایط هیدرولوژیکی که برای شروع حرکت رسوب لازم است استفاده می‌کند. در مطالعه انجام شده از ابعاد کانال دیرینه و اختصاصات رسوب‌شناسی برای بازسازی میزان تخلیه دیرینه استفاده شده است. از بین رخساره­های مورد بررسی تعداد 9 رخساره کنگلومرایی که قطعات درشت داشتند و برای تخمین پارامترهای هیدرولوژیکی دیرینه مناسب بودند انتخاب شدند در جدول 2 اندازه قطعات گراولی رخساره‌های کنگلومرایی منتخب آورده شده است.

برای محاسبه قدرت رودخانه از رابطه تجربیWilliams (1984) استفاده شده است:

W=$0.079d^{1.27}$

در این جا W قدرت رودخانه در واحد ناحیه مرز ($wm^{-2}$) وd قطر متوسط دانه بر حسب متر است. برای محاسبه سرعت متوسط جریان بر اساس اندازه قطعات گراولی از معادلهCosta (1983) استفاده شد.

 V=$0.18d^{0.49}$

V سرعت آب بر حسب $ms^{-1}$و d طول محور متوسط بزرگ‌ترین قطعه گراولی بر حسب متر می‌باشد. برای محاسبه مقدار متوسط عمق کانال می­توان از ضخامت طبقات مورب در رخساره‌های گراولی و از معادله Allen (1968)استفاده کرد.

h=$0.086(dm)^{1.19}$

h متوسط ضخامت طبقات مورب به متر است وdm متوسط عمق کانال به متر می­باشد. برای تخمین عرض کانال از رابطه Allen (1970) استفاده شد.

$$W\_{bf}=1.5(42D\_{bf})$$

دراین رابطه $W\_{bf}$ عرض کانال و$D\_{bf} $ عمق کانال را نشان می دهد. با توجه به محاسبه عمق کانال در قسمت قبل می­توان به راحتی عرض کانال را محاسبه کرد. مقدار متوسط و حداکثر یا پیک تخلیه جریان با استفاده از معادلات Williams (1984) تخمین زده می­شود.

$$Q=0.029Wb^{1.28}Dmax^{1.10}$$

$$Q \_{2.33}=2.66Wb^{0.90}Dmax^{0.68}$$

در این معادلاتQ متوسط جریان تخلیه بر حسب$m^{3}s^{-1}$، $Q\_{2.33}$ میانگین سالیانه پیک جریان تخلیه بر حسب$m^{3}s^{-1}$ می­باشد. $Dmax$ حداکثر عمق کانال به متر و $Wb$ عرض کانال به متر می­باشد. پارامترهای هیدرولوژیکی دیرینه برای 9 رخساره کنگلومرایی برداشت شده است. سرعت و قدرت جریان دیرینه با استفاده از حداکثر اندازه قطعات در رخساره­های رسوبی محاسبه گردید. سطح مقطع کانال از حاصل ضرب عمق کانال در عرض کانال محاسبه شده است. تخمین میزان تخلیه دیرینه براساس حاصلضرب سطح مقطع عرضی کانال و سرعت جریان به دست آمده است. مقادیر محاسبه شده در جدول 3 ارائه گردیده است. با توجه به جدول 3 بزرگترین قطر متوسط دانه مربوط به رخساره Gmm و Gcm می­باشد که به ترتیب 23 و 7/20 سانتی­متر است و

جدول 1: رخساره های سنگی شناسایی شده در نهشته های آبرفتی نئوژن و تفسیر شرایط رسوبگذاری (کدهای رخساره ای برگرفته از Miall (2006).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| تفسیر شرایط رسوبگذاری | کد رخساره ای | رخساره سنگی |
| رخساره های کنگلومرایی |
| رسوبگذاری از جریان های خرده دار با ویسکوزیته و بار رسوبی زیاد | Gmm | کنگلومرای ماتریکس پشتیبان توده ای |
| رسوبگذاری از جریان های خرده دار با پلاستیسیته کاذب | Gmg | کنگلومرای دانه پشتیبان دارای دانه بندی تدریجی |
| رسوبگذاری از جریان های خرده دار با پلاستیسیته کاذب | Gcm | کنگلومرای دانه پشتیبان توده ای |
| مهاجرت سدهای طولی یا رسوبگذاری به شکل رسوبات باقیمانده در کف کانال | Gh | کنگلومرای دانه پشتیبان با چینه بندی افقی |
| مهاجرت سدهای متقاطع زبانه ای | Gp | کنگلومرای دارای طبقه بندی مورب مسطح |
| رخساره های ماسه سنگی |
| رسوبگذاری در رژیم های جریانی بالا و پایین به شکل طبقات مسطح | Sh | ماسه سنگ دارای طبقه بندی افقی |
| رسوبگذاری در رژیم جریانی بالا و بر روی سطوح رسوبگذاری کمی شیبدار | Sl | ماسه سنگ دارای لامیناسیون مورب با زاویه کم |
| رسوبگذاری سریع در طی فروکش کردن سیلاب | Sm | ماسه سنگ دارای طبقه بندی توده ای |
| مهاجرت ریپل های بزرگ مقیاس سه بعدی با خط الرأس پیچیده | St | ماسه سنگ دارای طبقه بندی مورب عدسی شکل |
| رخساره های گل سنگی  |
| رسوبگذاری سریع از جریان معلق در دشت سیلابی  | Fm | سیلتستون و گل سنگ توده ای |
| رسوبگذاری ذرات معلق در محیط آرام خارج کانال | Fl | سیلتستون و رس سنگ لامینه  |

جدول 2: اندازه قطعات گراولی 8 رخساره کنگلومرایی

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| کد رخساره | رنج اندازه ذرات(Cm)) در مربعm 1\*1) | میانگین اندازه ذرات(Cm) | اندازه 10دانه درشت در رخساره(Cm) |
| Gh | 0.5- 11  | 5.83 | 13, 10, 12, 11.5, 11, 19, 14.5, 13, 13.5, 12 |
| Gmm | 1-18 | 7.5 | 14, 16, 22, 15, 13,11, 13, 9.5, 18, 8 |
| Gcm | 0.3-16 | 7.3 | 18, 17, 15, 18, 12, 17, 27, 30, 35, 18 |
| Gh | 0.5-10 | 3.7 | 10, 9, 11, 11.5, 7, 9, 9.5, 7, 8, 16 |
| Gmm | 0.3-12 | 5.4 | 10, 12, 14, 12, 10, 15, 12, 10.5, 10, 23 |
| Gcm | 0.3-10 | 4.9 | 25, 17, 15, 10, 8, 14, 6, 7,10, 16 |
| Gcm | 0.5-9 | 3.6 | 13, 9, 13, 11, 13, 8, 10, 9, 10.9 |
| Gp | 0.3-6 | 3.07 | 7, 10.5, 6, 8, 6, 9, 9.5, 5, 11,9 |
| Gcm | 0.2-8 | 4.5 | 11, 8, 10, 9, 9, 7, 11, 10.5, 9.5,7.5 |

کمترین قطر متوسط دانه مربوط به رخساره Gh و Gp با مقدار 5/10 و 6/10 سانتی­متر می­باشد. مقادیر سرعت رودخانه از$ms^{-1}$ 76/1 تا$ ms^{-1} $ 58/2 متغیر است. مقادیر قدرت رودخانه از$wm^{-2}$ 14/29 تا $wm^{-2}$ 88/78 متغیر می­باشد و بیشترین مقدار قدرت و سرعت رودخانه مربوط به رخساره Gmm می­باشد که می­تواند نشان دهنده یک رویداد سیلابی بزرگ باشد. با توجه به مدل رسوبی ارائه شده برای نهشته­های آبرفتی این منطقه که یک رودخانه بریده بریده و نزدیک به منشأ می‌باشد و آب و هوای خشک این منطقه در دوران نئوژن وجود سیلاب‌های متعدد دور از انتظار نمی‌باشد. رخساره Gcm هم به نسبت مقادیر بالای سرعت و قدرت رودخانه را نشان می‌دهد اما پایین‌ترین مقادیر قدرت و سرعت رودخانه مربوط به یک رخساره Gh و Gp می‌باشد. میزان تخلیه جریان هم در رخساره‌های Gmm و Gcm که مربوط به عنصر ساختاری SG می‌باشند بیشتر است و کمترین میزان تخلیه هم در رخساره Gh و Gp که مربوط به عنصر ساختاری GBمی­باشند دیده می­شود. در رخساره­های مورد مطالعه، دو رخساره Gp با طبقات مورب مسطح وجود دارد که ضخامت دسته­های مورب این رخساره­ها بین 40 تا 41 سانتی­متر متغیر است. طبق معادله ارائه شده توسط Allen (1968)با استفاده از این ضخامت طبقات مورب می‌توان عمق کانال را محاسبه کرد (جدول 4). عرض کانال نیز با استفاده از معادله Allen (1970) محاسبه و در جدول 4 آورده شده است. مقدار تخلیه متوسط و مقدار حداکثر تخلیه سالیانه برای جریان دیرینه نیز محاسبه گردیده است. میانگین بیشینه تخلیه سالیانه جریان $m^{3}s^{-1}$ 789/865 می­باشد. حداکثر قدرت رودخانه و بیشترین میزان تخلیه سالیانه با نهشته‌های جریان گراویته‌ای رسوب (عنصر ساختاری SG) سازگار است و کمترین قدرت جریان و میزان تخلیه سالیانه با نهشته‌های اشکال لایه‌ای گراولی (عنصر ساختاریGB ) مطابقت دارد.

جدول 3: تخمین قدرت و سرعت تخلیه جریان دیرینه بر اساس اندازه ذرات گراولی در رخساره‌های مختلف رسوبات آبرفتی شمال بیرجند

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| رخساره‌های رسوبی | حداکثر اندازه محور متوسط دانه(d (m)) | سرعت V$(ms^{-1})$ | قدرت($wm^{-2}$)W | سطح مقطع کانالA($m^{2}$) | میزان تخلیه جریان$$Q(m^{3}s^{-1})$$ |
| Gh | 0.105 | 1.76 | 29.14 |  | 1495.47 |
| Gmm | 0.23 | 2.58 | 78.88 |  | 2192.22 |
| Gmm | 0.139 | 2.01 | 41.65 |  | 1707.89 |
| Gcm | 0.128 | 1.94 | 37.48 | 849.70 | 1648.41 |
| Gcm | 0.207 | 2.45 | 69 |  | 2081.76 |
| Gp | 0.106 | 1.77 | 29.49 |  | 1495.47 |
| Gcm | 0.127 | 1.93 | 37.10 |  | 1639.92 |
| Gcm | 0.126 | 1.92 | 36.73 |  | 1631.42 |
| Gh | 0.113 | 1.82 | 31.99 |  | 1546.45 |

جدول 4: تخمین ابعاد کانال و جریان بیشینه برای اشکال لایه‌ای گراولی بر اساس ضخامت دسته طبقات مورب

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ضخامت دسته طبقات مورب(m)h | حداکثر عمق کانالdm(m) | عرض کانالW(m) | متوسط تخلیه جریانQ($m^{3}s^{-1})$ | بیشینه تخلیه سالیانه جریان$$Q\_{2.33(}m^{3}s^{-1})$$ |
| 0.40 | 3.64 | 229.32 | 126.175 | 852.760 |
| 0.41 | 3.71 | 233.73 | 132.027 | 878.818 |

**نتیجه­گیری**

شهرستان بیرجند در استان خراسان جنوبی قرار داشته و از شمال به شهرستان قائن، از غرب به فردوس و طبس، از جنوب به نهبندان و از شرق به افغانستان محدود می­شود. منطقه مورد مطالعه شامل پادگانه­های آبرفتی به سن نئوژن است که در بخش شمالی شهر بیرجند واقع شده است. بر اساس طبقه بندی Miall (2006)، رخساره­های سنگی پادگانه­ای شامل 5 رخساره شمالیشهر بیرجند واقع شده است. بر اساس طبقه بندی Miall (2006)، رخساره­های سنگی پادگانه­ای شامل 5 رخساره کنگلومرایی، 4 رخساره ماسه­سنگی و دو رخساره گل­سنگی است. فراوانی رسوبات دانه درشت گراولی و ضخامت کم رسوبات دانه­ریز خارج کانال، تعداد زیاد سیکل‌های ریزشونده به سمت بالا و قاعده فرسایشی هر سیکل، تغییرات عمودی و جانبی رخساره‌ها، وجود رسوبات جریان‌های خرده‌دار و عناصر ساختاری تشکیل شده مؤید نهشته­شدن این رسوبات توسط رودخانه بریده بریده با بار بستر گراولی و نزدیک به منشأ است. با استفاده از اندازه قطر متوسط بزرگترین رسوب گراولی و حداکثر ضخامت دسته طبقات مورب در رخساره­های سنگی کنگلومرایی پادگانه های آبرفتی مورد مطالعه، مقدار قدرت، سرعت، عمق و عرض کانال، مقدار تخلیه متوسط و مقدار حداکثر تخلیه سالیانه رودخانه بریده بریده فوق محاسبه شده است.

**منابع**

**Allen, J.R.L.,** 1968. The nature and origin of bed-form hierarchies: Sedimentology 10, 161-182.

**Allen, J.R.L.,** 1970. Physical Processes in Sedimentology, London. Allen and Unwin, 248.

**Baker, V.R.,** 2000. Palaeoflood hydrology and the estimation of extreme floods: In: Wohl, E.E. (Ed.), Inland Flood Hazards. Cambridge University Press, Cambridge, 359–377.

**Costa, J.E.,** 1983. Palaeohydraulic reconstruction of flash-flood peaks from boulder deposits in the Colorado Front Range. Bulletin of the Geological Society of America 94, 986–1004.

**Miall, A.D.,** 2006. The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis. Petroleum Geology ( printing), Springer-Verlag, New York, 582.

**Sridhar, A., Chamyal, L.S., Bhattacharjee, F. and Singhvi, A.K.,** 2013. Early Holocene ﬂuvial activity from the sedimentology and palaeohydrology of gravel terrace in the semi-arid Mahi River Basin, India. Journal of Asian Earth Sciences 66, 240- 248.

**Stow, D.A.V.,** 2005. Sedimentary Rocks in the Field: A Colour Guide. Manson Publishing, London.

**Williams, G.P.,** 1984. Palaeohydrologic equations for rivers, In: Costa, J.E., Fleisher, P.J. (Eds.), Developments and Applications of Geomorphology. Springer-Verlag, Berlin, 343–367.