

## بررسی سازگان<sup>۱</sup> جزر و مدی رود بهمنشیر

عبدالصاحب حسنی نژاد<sup>۲\*</sup>، و جمشید بسیط نژاد<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: تاریخ پذیرش:

### چکیده

در این مطالعه داده های یک سال آبی در نقطه ی طره ی بخاخ بررسی شده اند. برای رود بهمنشیر تاکنون هیچ گونه محاسبات جزر و مدی، که شامل شناسایی مؤلفه های جزر و مدی و شبیه سازی آن باشد انجام نشده است. لذا نتایج حاصل از این تحقیق و استفاده از روش شده اند بکار رفته می توانند مفید و مؤثر باشند. در این مطالعه پنج مؤلفه ی جزر و مدی  $O_1$ ,  $M_f$ ,  $M_2$ ,  $K_1$ , و  $K_2$  شناسایی شده اند. قویترین مؤلفه در این منطقه  $M_2$  بوده و نشان می دهد که تغییرات عمده ی جزر و مدی مربوط به موقعیت ماه است. بر پایه ی مقیاس آمریکایی، عدد  $f = 0.36$  می باشد که نشان می دهد جزر و مد از نوع نیمروزانه است، زیرا این عدد کمتر از  $0.5$  است؛ بنا بر این، جزر و مد در این نقطه نشانه ای از تأثیر قوی دریا بر این منطقه دارد.

واژه های کلیدی: رود، جزر و مد، شبیه سازی، مؤلفه ی جزر و مدی، دریا

<sup>1</sup> - regime

<sup>2</sup> - اعضای هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان - آبادان - فیه - دانشگاه آزاد اسلامی - ص پ ۶۶۶. تلفن ۴۴۶۰۱۱۲ فاکس ۴۴۶۰۱۱۱

<sup>3</sup> -

\* نویسنده ی مسوول مقاله: [abdulsahiba@yahoo.com](mailto:abdulsahiba@yahoo.com)

### منطقه‌ی مطالعاتی

رود بهمنشیر در جنوب جلگه‌ی خوزستان واقع شده است (شکل ۱). این رود با رود کارون در منطقه‌ی ای در شرق خرمشهر که به سه شاخه‌ی حفار معروف است، یکی شده و با طی کردن مسیری ۷۸ کیلومتری به خلیج فارس می‌ریزد. شاخه‌ی دیگری از کارون در این محل به اروند رود متصل شده و به این ترتیب جزیره‌ی آبادان را محصور می‌کند. سرچشمه‌ی کارون، که در حقیقت بهمنشیر را تغذیه می‌کند، در کوههای زاگرس، در ۷۵ کیلومتری جنوب غربی اصفهان قرار دارد.

رود بهمنشیر به طور کلی متأثر از جریان‌های جزر و مدی خلیج فارس است؛ این جریان‌های جزر و مدی به طور معمول تا دارخوین (رود کارون) مشاهده می‌شوند. نقطه‌ی مورد مطالعه طره‌ی بخاخ با مختصات جغرافیایی  $30.27^{\circ} N$  و  $48.45^{\circ} E$  می‌باشد.

منطقه‌ی مورد بحث، خشک و کم باران است. بیشترین بارشها در پاییز و زمستان رخ می‌دهند. هوای این منطقه گرم و خشک است، به جز در زمستان که معتدلتر می‌شود. در تابستان عموماً هوا غبار آلود است و گاهی بادهای شرجی (اصطلاح محلی)، که از طرف دریا می‌وزند هوا را نمناک می‌کنند. گرمای زیاد باعث تبخیر شدید می‌شود، که این تبخیر از بارندگی نیز بیشتر برای چه منظور است [16].

### جزر و مد و تأثیر آن بر منطقه‌ی مطالعاتی

جزر و مد جلوه‌ای از میدان گرانشی است که عمده‌ترین عناصر سازنده‌ی این میدان، جاذبه‌های زمین، ماه و خورشید و اثر متقابل آنها با یکدیگر است [7,17]. با در نظر گرفتن این عوامل، به مؤلفه‌های اساسی زیر که در جدول شماره‌ی یک نشان داده شده‌اند می‌رسیم [8,11]. جزر و مد در خلیج فارس پدیده‌ی پیچیده‌ای است و از نیمروزانه تا روزانه تغییر می‌کند. اختلاف ارتفاع آب در حالات جزر و مد بیش از یک متر است. ابعاد این خلیج به اندازه‌ای است که پدیده‌ی تشدید می‌تواند در آن رخ دهد، که باعث بوجود آمدن دو نقطه‌ی آمفیدرومیک در جریان نیمروزانه در جنوب شرقی و شمال غربی خلیج فارس شود و مؤلفه‌ی روزانه

دارای یک نقطه‌ی آمفیدرومیک است که در مرکز خلیج و در نزدیکی بحرین واقع می‌شود.

### داده‌ها

داده‌هایی که در این تحقیق استفاده شده‌اند، تماماً از اداره‌ی کل امور آب استان خوزستان تهیه شده است. کارشناسان این اداره اوجهای منحنی جزر و مدی را از روی کاغذ نوباش نگار<sup>۱</sup> استخراج کرده و آنها را به شکل جداول ماهانه تنظیم کرده‌اند.

### انگاره و محاسبات

برای داده‌های متناوب که به شکل سری زمانی  $y(t)$  جمع‌آوری شده، و شامل چند دوره‌ی کامل از نوسانات داده‌ها در فاصله‌ی زمانی  $[0, T]$  باشد، می‌توان بسط سری فوریه را مورد استفاده قرار داد [2 & 3]:

$$y(t) = \frac{1}{2} A_0 + \sum_{n=1}^N [A_n \cos(\omega_n t) + B_n \sin(\omega_n t)] \\ = \frac{1}{2} C_0 + \sum_{n=1}^N [C_n \cos(\omega_n + \Phi_n)]$$

روشهای محاسباتی در تجزیه و تحلیل جزر و مد در رودها با توجه به موارد ذیل تعیین و انتخاب می‌شوند [9]:

۱- شکل کف رودخانه، پستی و بلندی و تضاریس موجود در آن.

۲- اغتشاش در شکل منحنی جزر و مدی در دهانه‌ی رودخانه، به عبارت، اغتشاش در شرایط مرزی معادله دیفرانسیل مبین جریانهای جزر و مدی.

۳- داده‌های خامی که بتوان با آنها محاسبات انجام شده‌آزمود.

۴- هدف از بررسیها و محاسبات: آیا منظور از انجام محاسبات تنها بررسی پدیده‌های فیزیکی است، یا هدفهای کاربردی نیز مد نظر می‌باشند.

تقریباً هیچ کدام از موارد فوق برای ما مهیا نیست. پس تنها روش مطمئن، روش تجزیه و تحلیل سازگار<sup>۲</sup> است [9]. ساده‌ترین روش محاسبه جزر و مد این است

<sup>1</sup> - limn graph

<sup>2</sup> - harmonic analysis

در طول زمان پایداراست و تغییر نمی کند، زیرا اصول مسلّم و قوانین حاکم در مکانیک نیوتنی پدیده ی جزر و مد را این چنین توجیه و تبیین کرده است [17 & 9]. تجربه ی ما از جزر و مد نیز این ادعا را تأیید می کند. با فرض این که سری زمانی حاصل از اندازه گیریها و مشاهدات را بتوان به صورت بسط سری فوریه بر حسب توابع سینوسی بیان کرد، می توان از روش کمترین مربعات برای بدست آوردن ضرایب این سری استفاده کرد [19 & 14]. فرض کنیم که بسط سری فوریه ی مورد نظر به شکل زیر باشد:

$$y(t_n) = \bar{y} + \sum_{q=1}^M [A_q \cos(2\pi f_q t_n) + B_q \sin(2\pi f_q t_n)] + y_r(t_n)$$

ساخته شد. مؤلفه های شناخته شده به شرح جدول ۲ می باشند. شکل ۳ این شبیه را به همراه داده ها در مقطع زمانی ۱۳۷۹/۷/۱۰ تا ۱۳۷۹/۷/۱۴ نشان می دهد. مشاهده می شود که اختلاف بین شبیه وداده ها قابل توجه است. در اصطلاح آماری، به این اختلافاها «مانده ها» می گویند. در مرحله ی بعد انبوهی طیف برای مانده ها حساب، و با تکرار روشها و موارد فوق شبیه بهتری ساخته شد (شکلهای ۴ و ۴ب).

### بحث و استنتاج

طره ی بخاخ نزدیکترین ایستگاه آب سنجی به دریا، که پنج مؤلفه ی جزر و مدی  $M_2$ ،  $O_1$ ،  $K_1$ ،  $M_2$  و  $K_2$  برای آن شناخته شده اند. قویترین مؤلفه در این نقطه  $M_2$  بوده و نشان می دهد که تغییرات عمده ی جزر و مدی مربوط به موقعیت ماه است. بنا بر مقیاس آمریکایی، عدد  $f$ ، که بیانگر نوع جزر و مد می باشد برابر است با:

$$f = (O_1 + K_1) / M_2 = (23.4 + 7.7) / 86.5 = 0.36$$

کمتر بودن این عدد از ۰/۵، نشان دهنده ی نوع نیمروزانه ی جزر و مد است، بنابراین، جزر و مد در این نقطه نشانه ای از تأثیر قوی دریا بر این منطقه دارد. از طرفی شبیه فقط با این پنج مؤلفه ساخته نشده و مؤلفه های مختلفی وارد عمل شدند که تأثیر شدید رودخانه، و عواملی نظیر اصطکاک بستر و کف رودخانه و تغییرات

که فقط مؤلفه ی مهم و اصلی (معمولاً  $M_2$ ) را در نظر بگیریم [9 & 4]. وقتی محاسبه ی مد متوسط و بیشترین و کمترین مورد لزوم باشد، می توان چند مؤلفه (مثلاً  $S_2$  و  $M_2$ ) را در نظر گرفت. اما عواملی از قبیل اصطکاک کف رودخانه، و انعکاس امواج جزر و مدی در مناطق کم عمق، و همچنین یکنواخت نبودن پستی و بلندی رودخانه، مؤلفه های زیادتری را می طلبد.

علاوه بر این، جزر و مد مستقل از مبدأ زمان است، یعنی برای بررسی این پدیده هر جا از زمان را صفر بگیریم مشکلی پیش نیامده [9 & 5] و رفتار جزر و مد

در معادله ی فوق  $\bar{y}$  مقدار متوسط  $y$  و  $y_r$  مانده ی سری بوده که ممکن است شامل مؤلفه های سازگار از انواع دیگری باشد [19]، و شامل هر نوع خطای محتمل است [14 & 6] و  $M$  تعداد مؤلفه های انتخابی است. در مورد تعداد مؤلفه ها بهترین انتخاب از ضرایب سری فوریه باید جمع مربعات خطاها (Sum of Squares Error) را کمترین کند.

در جداول داده هایی که به وسیله ی اداره ی کل امور آب استان خوزستان تهیه شده اند، ارتفاع آب در ساعات مختلف شبانه روز به طور نامنظم و با فاصله های زمانی نامساوی ثبت گردیده و زمان بر مبنای صفر تا ۲۴ ساعت بیان شده است. جهت حفظ شرط تعامد در تبدیل فوریه، فاصله ی زمانی داده ها باید منظم و برابر باشند [15]. به همین دلیل، داده های فوق با کمک روش اسپلاین<sup>۱</sup> درونیابی شده اند [19]. با اعمال تبدیل فوریه در مورد داده های درونیابی شده مجموعه ای از ضرایب فوریه ی مختلط حاصل می شود که با استفاده از این ضرایب طیف نگار<sup>۲</sup> را رسم کرده و مؤلفه های مهم را مشخص و جدا سازی می کنیم. شکل ۲ انبوهی طیف را برای داده های درونیابی شده نشان می دهد.

در اولین مرحله از شناسایی مؤلفه های مهم جزر و مدی، شکل ۲ پنج بسامد<sup>۳</sup> مهم را نمایان ساخت. با روش کمترین مربعات و با استفاده از این بسامدها شبیه اولیه

<sup>1</sup> - spline

<sup>2</sup> - spectrogram

<sup>3</sup> - frequency

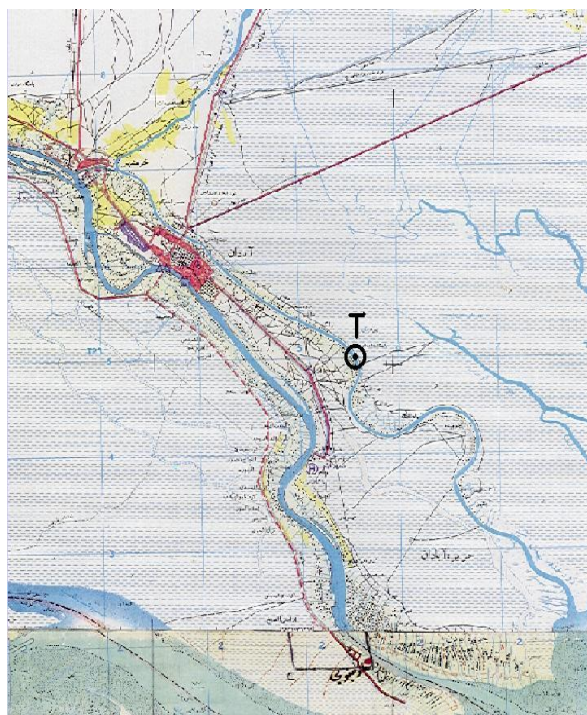
بادهای محلی و اثرات آبهای کم عمق را نمایان می‌سازند. خطاهای موجود در محاسبه اضافه بر این که ریشه در این عوامل و ضرایب دارند، از دقت دستگاه نوشتاب نگار و روش قرائت و استخراج داده‌ها از کاغذ نوشتاب نگار نیز سرچشمه می‌گیرند.

نتایج عملی حاصل از این مطالعه بدین شرحند: این منطقه کاملاً با دریا هماهنگ است، بنابراین محل مناسبی برای ایجاد تأسیسات بندری و خدمات دریایی نظیر اسکله و سکوی تعمیر کشتی<sup>۱</sup> می‌باشد. اضافه بر آن تأثیر قوی دریا بر این نقطه محیط مناسبی را برای رشد و تکثیر آبزیان دریایی بوجود می‌آورد، و می‌توان آبزیگاههای طبیعی را در این منطقه تأسیس کرد. از نقطه نظر کشت و زراعت، آب شور تهدیدی برای نخلستانها و محصولات کشاورزی بشمار می‌رود؛ بنابراین، ایجاد سد سرریز در این ناحیه ضروری است تا از نفوذ آب شور دریا جلوگیری شود و در صورتی که به کشتیرانی در طول این رودخانه علاقه داشته باشیم، باید از سد سلولی استفاده گردد.

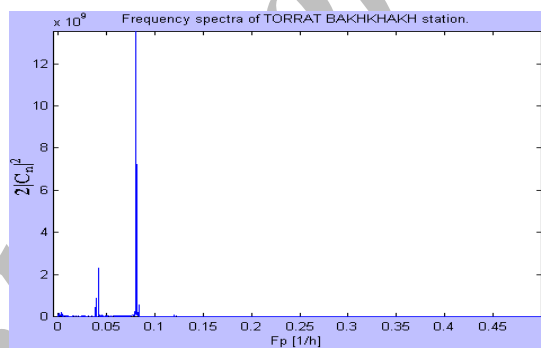
### سیاسگزارى

بر خود لازم می‌دانیم که از همکاریهای دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان که بدون کمک و مساعدت این واحد قادر به انجام این تحقیق نبودیم، کمال تشکر و قدردانی نماییم.

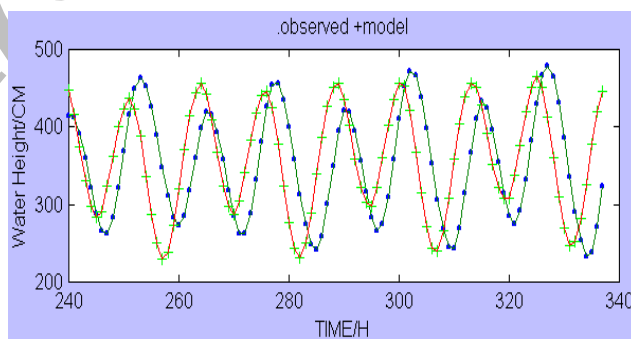
<sup>۱</sup> - dock



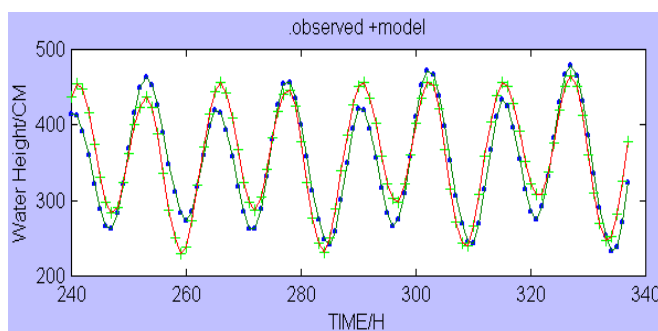
شکل ۱- نقشه ی منطقه ی مطالعاتی.



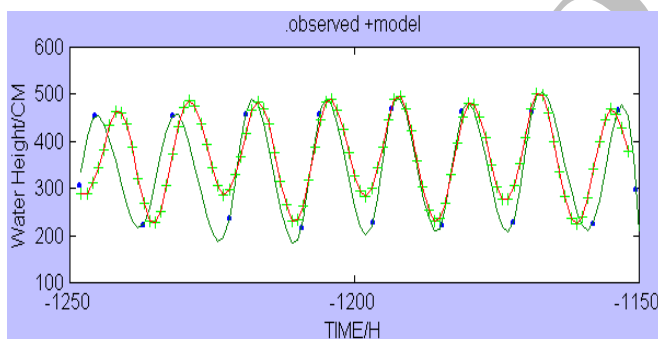
شکل ۲ - طرح کلی تراکم طیف برای داده های درونبایی شده.



شکل ۳ - شبیه اولیبه (۱۳۷۹/۷/۱۰ تا ۱۳۷۹/۷/۱۴).



شکل ۴ الف - شبیه نهایی (۱۳۷۹/۷/۱۰ تا ۱۳۷۹/۷/۱۴).



شکل ۴ ب - شبیه نهایی (۱۳۷۹/۵/۱۱ تا ۱۳۷۹/۵/۱۴).

جدول ۱- مؤلفه های اساسی جزر و مدی.

نام مؤلفه	علامت	دوره (ساعت)
قمری اصلی	$M_2$	12.42
شمسی اصلی	$S_2$	12.00
قمری - شمسی	$K_1$	23.93
انحراف قمری	$O_1$	25.82
انحراف شمسی	$P_1$	24.07
قمری نیمه ماهی <sup>۱</sup>	$M_f$	327.9
انحراف قمری-شمسی (نیم روزی) <sup>۲</sup>	$K_2$	11.97

<sup>۱</sup>lunar fortnightly

<sup>۲</sup>luni-solar declination ( semi-diurnal)

جدول ۲ - مشخصات دوره های قابل تشخیص مطابق با معیارهای ژئوفیزیک و اقیانوس شناسی.

نام	علامت	دوره ی تناوب (ساعت)	دامنه (سانتیمتر)	زاویه ی $\Phi$ (رادیان)
قمری نیمه ماهی <sup>۱</sup>	$M_f$	328.015 ( 327.9)	18.939	-1.815
قمری اصلی شبانه روزی <sup>۲</sup>	$O_1$	25.812 ( 25.819)	23.425	-2.370
انحراف قمری-شمسی (شبانه روزی) <sup>۳</sup>	$K_1$	23.937 (23.934)	7.681	2.940
قمری اصلی <sup>۴</sup>	$M_2$	12.411 ( 12.421)	86.502	-0.929
انحراف قمری-شمسی (نیم روزی) <sup>۵</sup>	$K_2$	11.964 ( 11.967)	7.478	-3.132

Archive of SID

<sup>۱</sup>lunar fortnightly<sup>۲</sup>diurnal lunar principal<sup>۳</sup>luni-solar declination ( diurnal)<sup>۴</sup>principal lunar<sup>۵</sup>luni-solar declination ( semi-diurnal)

## منابع

- 1- Efimov. A.V., Higher Mathematics (Part 3). 1998. Mir Publisher, Moscow.
- 2- Arfken, 1985. Mathematical Methods for Physicists. Academic Press, Inc.
- 3- Budak B. M., Fomin.S.V., 1973. Multiple Integrals, Field Theory and Series. Mir Publisher, Moscow 1973.
- 4- Sanchez.B.V , ray.R.D, Cartwright.D. E, A Proudman function expansion of the M2 tide in the Mediterranean Sea from satellite altimetry and coastal gauges. Oceanologica Acta: 325-337.
- 5- Brillinger, 1975. Time series: data analysis and theory. Holt, Rinehart and Winson, Inc.
- 6- Chatfield, C., 1984. The Analysis of Time Series. Chapman and Hall. 1989.
- 7- Dictionary of Physics, 1976. Valerie H. Pitt.
- 8- McLellan H.J. 1965, Elements of Physical Oceanography. Pergamon Press.
- 9- Dronkers, J.J. 1964, Tidal Computations in Rivers and Coastal Waters. North\_Holland Publishing Company.
- 10- Myers, D. G., 1990. Digital Signal Processing. Prentice.
- 11- Open University. 1989. Oceanography Course Team. 1989, Waves Tides and Shallow\_Water processes. 1989.
- 12- Oppenheim, Al.V. Willsky, Al.S., Young, I.T. 1983. Signals and Systems. Prentice\_Hall, Inc.
- 13- Rahman M. 1994. Water Waves (I M A monograph series; 3). Oxford University Press Inc., New York.
- 14- Walpole, R.E. , Myers, R.H. 1972. Probability and Statistics for Engineers and Scientists ( 2nd Ed ). Macmillan publishing Co., Inc.
- 15- Bracewell, R.N. 1978. The Fourier Transform and its Applications. McGraw\_Hill, Inc. 1978.
- 16- Sadri\_nasab M. 1997. Sea water intrusion into Bahmanshir River. M.Sc. Thesis. Ahwaz Univ.
- 17- Symon, K.R. 1974. Mechanics. Addison Wesley .
- 18- Millington, T.A, Millington, A.W. 1966. Dictionary of Mathematics. Cassell and Co., Ltd.
- 19- Emery, W.J, Thomson, R.E. 1997. Data Analysis Methods in Physical Oceanography. Pergamon.