

شبیه سازی سیستم حوضچه ای جذب انرژی از جزر و مد با استفاده از مولفه های جزر و مدی برای بندر امام خمینی (ره)

احمد جمالی کیخا^{۱*}

۱- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار - دانشکده مهندسی دریا

کد مقاله: ۹۶۲۳

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۲/۳۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۲۵

چکیده

به دلیل کاهش منابع فسیلی برای تولید انرژی، منابع دیگری مانند جزر و مد، برای تامین انرژی مورد نیاز بشر مورد استفاده قرار گرفته است. در این مقاله، سیستم حوضچه ای (یکی از انواع سیستم های جذب انرژی از جزر و مد) جذب انرژی از جزر و مد به کمک سیمولینک نرم افزار متلب، برای بندر امام خمینی (ره)، با استفاده از مولفه های اصلی جزر و مدی، شبیه سازی شده است، که نتایج شبیه سازی در حد قابل قبولی باموارد واقعی مطابقت دارد.

کلیدواژه: شبیه سازی- سیمولینک- متلب- مولفه های اصلی جزر و مد.

* Corresponding author

E-mail address: A.J.Keikha@cmu.ac.ir

Postal Address: Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran, 99717-56499

مقدمه

با توجه به افزایش روز افزون استفاده ی بشر از انرژی و همچنین محدود بودن منابع سوخت های فسیلی (منبع اصلی تامین انرژی بشر، در حال حاضر)، باید به فکر راهکاری برای جایگزینی سوخت های فسیلی با دیگر منابع انرژی باشیم، که هم تجدیدپذیر بوده و هم تولید آلودگی در آن ها کمتر باشد.(جدول ۱، میزان استفاده بشر از منابع مختلف تولید انرژی را نشان می دهد.(هامونز،۱۹۹۳))

جدول ۱- درصد استفاده بشر از منابع مختلف انرژی(هامونز، ۱۹۹۳)

ردیف	منبع تولید انرژی	میزان استفاده
۱	زغال سنگ	۵۲ درصد
۲	نیروگاه اتمی	۱۹ درصد
۳	گاز و سوخت های مایع	۱۸ درصد
۴	منابع آبی	۷ درصد
۵	چوب، خورشید، باد	۴ درصد

جزر و مد یک منبع بزرگ انرژی تجدیدپذیر اقیانوسی است که از برهم کنش نیروهای بین سیاره ای در سیستم ماه-زمین-خورشید به وجود می آید. این انرژی هم تجدیدپذیر است و هم آلودگی ندارد. جدول زیر مقدار بیشینه جزر و مد در نقاط مختلف جهان را مورد قیاس قرار داده است:

جدول ۲- مقدار بیشینه جزر و مد در نقاط مختلف جهان(دالتون، ۱۹۵۱)

ردیف	کشور	نام محل	بیشینه جزرو مد
۱	کانادا	خلیج فوندی	16.2m
۲	فرانسه	بندر گانویل	14.7m
۳	انگلیس	دهانه رودخانه سورن	14.5m
۴	فرانسه	لارنس	13.5m
۵	روسیه	دریاچه اُختسک	13.4m
۶	آرژانتین	بندر ریو گالگوس	13.3m
۷	روسیه	خلیج مزن (دریای سفید)	10.0m

در شکل زیر، بهترین محل ها برای احداث نیروگاه های جزر و مدی نشان داده شده اند:



شکل ۱. نقاط عمده روی کره زمین که برای توسعه انرژی جزر و مدی مناسبند [۳]

با توجه به این موضوع که توان الکتریکی به دست آمده از جزر و مد، با توان دوم ارتفاع جزر و مد، رابطه مستقیم دارد (هامونز، ۱۹۹۳)، به راحتی درمی یابیم که چه توان الکتریکی عظیمی را می توان از این نقاط کره زمین به دست آورد. مواردی که برای تاسیس یک واحد تولید انرژی از جزر و مد اهمیت دارد، به شرح زیر است:

۱- جزر و مد های قوی تر

۲- سرعت جزر و مد (سرعت تغییر ارتفاع سطح آب)

۳- ظرفیت و پتانسیل بیشتر برای تولید انرژی جزر و مدی (هامونز، ۱۹۹۳)

یکی از سوالات مطروحه درباره انرژی جزر و مدی، تاثیر این نوع تولید انرژی، بر اکوسیستم است که اصلی ترین تاثیر این نوع طرح های نیروگاهی به شکلی است که در هنگام ورود آب به حوضچه، بر اثر سرعت سیال ماهی ها به سمت توربین کشیده می شوند که این امر موجب می شود تا چیزی در حدود ۱۵٪ ماهی های متاثر از این کشش، (بدلیل فشار بیش از حد، برخورد با تیغه های توربین، بریدگی ها و ضربات ناشی از حرکت سریع سیال و ...) از بین بروند. (لکومبر، ۱۹۷۹)

از دیگر مزایای انرژی جزر و مدی، قابل پیش بینی بودن جزر و مد و ارزان بودن تولید انرژی (به دلیل عدم استفاده از منابع سوختی) در این روش است. به دست آوردن انرژی از جزر و مد به روشهای مختلفی امکانپذیر است که دو نوع اساسی آن تولید به کمک جریان های جزر و مدی^۱ و تولید به کمک سدبندی (و ایجاد مخزن)^۲ می باشد. در این مقاله، شبیه سازی روش دوم مورد نظر بوده و به طور خلاصه پروسه ی تولید در آن به صورت زیر است:

دریچه های مخزن^۳ در هنگام مد بسته است و کمی قبل از شروع جزر، دریچه ها باز شده و با بالا آمدن آب، توربین های مخصوص مستقر در دریچه، به علت ورود آب به حوضچه، تولید انرژی می کنند؛ سپس با پر شدن حوضچه دریچه ها بسته می شوند. پس از شروع جزر، و رسیدن سطح آب به پایین ترین نقطه، با باز شدن دریچه ها و عبور آب از روی توربین های مخصوص، تولید انرژی، دوباره صورت می گیرد.

مدل جزر و مد و انتخاب محل

در یک مکان معین، نوع جزر و مد به سه عامل بستگی پیدا می کند:

۱- تغییرات وضعیت ماه و خورشید نسبت به زمین

۲- تاثیرات چرخش زمین

۳- شکل نوار ساحلی و کف دریا در محل مورد نظر (هامونز، ۱۹۹۳)

برای به دست آوردن منحنی واقعی ارتفاع آب دریا (در جزر و مد) برحسب زمان، دانشمندان پس از بررسی اطلاعات ۱۱ سال اخیر ماهواره ی توپکس- پوزایدون، به این نتیجه رسیدند که جزر و مد، با تقریبی بالا، تلفیقی از ۹ تابع تناوبی است (آزموده، ۱۳۸۵) (ارتفاع جزر و مد از برهمکنش این ۹ تابع تناوبی به دست می آید) که زمان تناوب و نام مولفه های تناوبی را در جدول زیر می توانید ببینید و با هم مقایسه کنید. این اطلاعات برای محدوده ی ۶۶- تا ۶۶ درجه ی عرض جغرافیایی می باشد، که با توجه به قرار داشتن ایران در این بازه، می توان از این مقادیر برای شبيه سازى جزر و مد در ایران بهره برد.

جدول ۳. مولفه های جزر و مدی (آزموده، ۱۳۸۵)

ردیف	نام مولفه جزر و مدی	زمان تناوب (ساعت)
۱	S2	12.000000
۲	M2	12.420601
۳	N2	12.658348
۴	K1	23.934470
۵	P1	24.065890
۶	O1	25.819342
۷	Mf	327.85898
۸	Mm	661.30927
۹	Ssa	4382.9065

دانشمندان از مولفه های فوق، چهار مولفه را به عنوان مولفه های اصلی جزر و مدی در نظر گرفته اند، که اطلاعات مربوط به آن ها در جدول ۴ آمده است. (آزموده، ۱۳۸۵) (روند شبیه سازی ارتفاع سطح آب دریاها، به کمک همین چهار مولفه صورت گرفته است)

جدول ۴- مولفه های اصلی جزر و مد (آزموده، ۱۳۸۵)

مولفه جزر و مدی	بزرگترین قدر مطلق اختلاف (cm)	کوچکترین قدر مطلق اختلاف (cm)	میانگین قدر مطلق اختلاف ها (cm)
M2	47.98	00.31	11.48
S2	23.39	00.03	07.08
K1	30.58	00.05	05.76
O1	17.43	00.04	04.26

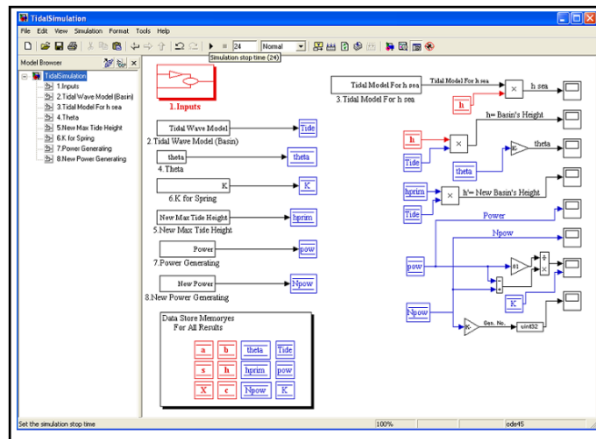
برای یافتن محل مناسب برای تاسیس یک نیروگاه جزرو مدی، مهمترین نکته، میزان جزر و مد ماکزیمم در آن محل می باشد و بندر امام خمینی (ره) با داشتن بیشترین ارتفاع جزر و مد در ایران (۵٫۴ متر)، (بیکر، ۱۹۹۱) عملاً مناسب ترین گزینه برای انجام شبیه سازی می باشد.

تعریف مساله و معادلات حاکم

در مدلسازی ریاضی گرفتن توان از جزر و مد، موارد زیر کاربردی است:

- ۱- ارتفاع آب (در طی بهره برداری، ایجاد، حدود بالا و پایین و ...)
 - ۲- جریان های مختلف و شدت آن ها
 - ۳- امواج
 - ۴- توان خروجی
 - ۵- گل آلود بودن آب: گل آلود بودن آب باعث می شود تا حجم آب جابجا شده بین مخزن و دریا کاهش یابد.
 - ۶- درجه ی شوری
 - ۷- جابجایی گل و لای (لکومبر، ۱۹۷۹)
- با در نظر گرفتن شرایط محل، (ارتفاع ماکزیمم جزر و مد، میزان فضای قابل دسترسی و ...) سیستم حوضچه ای کسب توان از جزر و مد را شبیه سازی می شود (شکل ۲). فرضیات انجام شده برای حل مساله به صورت زیر می باشد:
- ۱- زمان برحسب ساعت، لحاظ شده است.

- ۲- زمان پر یا خالی شدن حوضچه ۰,۴ ساعت یعنی ۲۴ دقیقه در نظر گرفته شده است.
- ۳- ارتفاع آب درون حوضچه (در هنگامی که دریچه ها بازند) تابع خطی زمان فرض شده است.
- ۴- تولید توان هم در پر شدن و هم در خالی شدن حوضچه، صورت می پذیرد.
- ۵- مشخصات هندسی حوضچه و دیوارها، به وسیله ی کاربر تعیین می گردد.
- ۶- مدل جزر و مد دریا، با استفاده از مولفه های اصلی جزر و مدی شبیه سازی شده است.
- ۷- با فرض استفاده از واحدهای تولید ۲۶ مگاواتی، تعداد واحدهای مورد نیاز محاسبه خواهد شد.



شکل ۲. صفحه اصلی شبیه سازی در سیمولینک نرم افزار متلب

حوضچه ای با ابعاد 3×3 کیلومترمربع، با دیواره های ۶ متری (طول دیواره ی حوضچه باید از ارتفاع ماکزیمم جزر و مد بیشتر باشد) در نظر گرفته می شود که تا ارتفاع ۵,۴ متر (سایت ایران هیدروگرافی) (به دست آمده از بندر امام خمینی (ره)) از آب دریا با چگالی ۱۰۲۵,۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب پر شده است؛ جرم آب ذخیره شده در مخزن، برابر خواهد بود با:

$$M_{water} = \rho h A = 1025.18 \times 5.4 \times 9e^6 = 4.982375e^{10} kg \quad (1)$$

انرژی ذخیره شده در این مقدار از آب برابر است با:

$$E_{water} = M_{water} gh = 2.64 \times 10^{12} J \quad (2)$$

در هر روز، دوبار جزر و دو بار مد رخ می دهد؛ بنابراین انرژی پتانسیل تولیدی از جزر و مد در هر روز عبارت خواهد بود از: $4E_{water}$ (از آن جهت این مقدار در عدد ۴ ضرب می شود که جرم آبی که در حوضچه ذخیره شده است ۴ بار از روی توربین می تواند عبور کند).

$$E_{water \text{ for each day}} = 10.557 \times 10^{12} J \quad (۳)$$

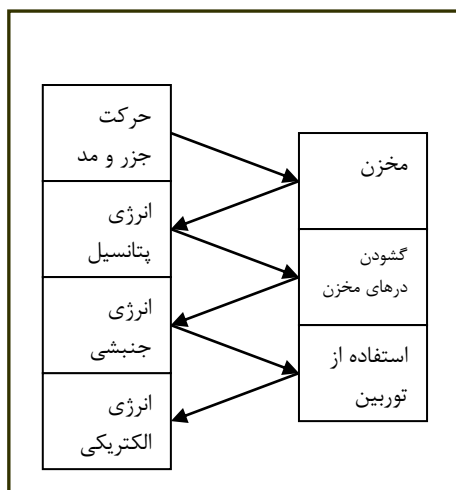
اگر اکنون بخواهیم توان تولیدی در یک روز را حساب کنیم، خواهیم داشت:

$$P_{tide \text{ in each day}} = 10.557 \times 10^{12} J / 86400s = 122.19 MW \quad (۴)$$

از آنجایی که بازده تبدیل توان، ۸۰٪ در نظر گرفته شده است، توان تولیدی برابر خواهد بود با:

$$P_{final} = 122.19 MW \times 80\% = 97.754 MW \quad (۵)$$

شکل زیر توصیفی کیفی است از معادلات فوق:



شکل ۳. مراحل تغییر شکل انرژی جزر و مدی به انرژی الکتریکی

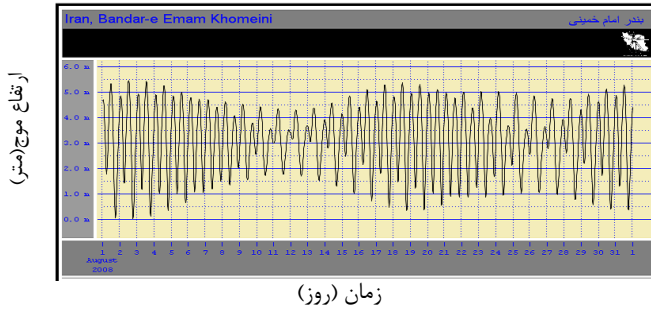
معادلات فوق برای یک مخزن فرضی در بندر امام خمینی (ره) ارایه شده است که بیشترین مقدار جزر و مد را در ایران دارد.

بحث و نتیجه گیری

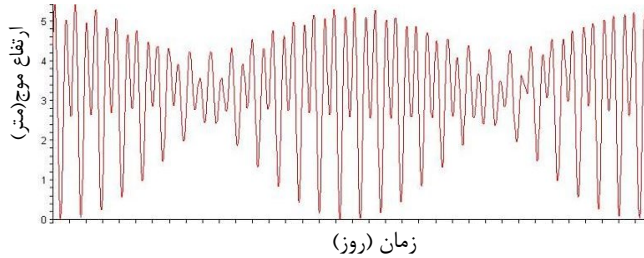
شکل های ۴-الف و ۴-ب، قابلیت استفاده از مولفه های جزر و مدی، را نشان می دهند؛ شکل ۴-الف، ارتفاع جزر و مد را برای بندر امام خمینی (ره)، در طول یک ماه، (سایت ایران هیدروگرافی) نشان می دهد و شکل ۴-ب ارتفاع جزر و مد شبیه سازی شده توسط مولفه های اصلی جزر و مد را برای همین بندر نشان می دهد.

مقایسه این دو نمودار، استفاده از مولفه های اصلی جزر و مد را برای انجام شبیه سازی توجیه می

کند.



شکل ۴-الف: اطلاعات ثبت شده از بندر امام خمینی (ره) در یک دوره یک ماهه (سایت ایران هیدروگرافی)



شکل ۴-ب: نتیجه حاصل از شبیه سازی با مولفه های اصلی جزر و مد

شکل ۴. نمودار جزر و مد برای بندر امام خمینی (ره) در طول یک ماه

پس از انجام شبیه سازی، مشخص گردید که استحصال انرژی از جزر و مد در ایران می تواند بخشی

از نیاز کشور را تامین نماید.

مراجع

آزموده اردلان، ع.، ۱۳۸۵. آنالیز جزر و مدی جهانی و تعیین مدلی جدید برای سطح متوسط جهانی دریا بر اساس توابع پایه ی متعامد با استفاده از ۱۱ سال مشاهدات ارتفاع سنجی ماهواره ی توپکس پوزایدون. نشریه دانشکده فنی، شماره ۸، ص ۱۰۱۹-۱۰۳۱.

- Baker A. C. 1991. Tidal power. Peter Peregrinus Ltd. London.
- Dalton. F.K. 1951. Fundy's prodigious tides and Petitcodiac's tidal bore. Journal of the Royal Astronomical Society of Canada. pp 225-231.
- Hammons T. J. 1993. Tidal power. Proceedings of the IEEE, 8(3) : pp 419-433.
- Lecomber R. 1979. The evaluation of tidal power projects in Tidal Power and Estuary Management. Ling Ltd. Dorchester. pp 31-39.