

# بررسی نمک زدایی و حذف سایر مواد مضر از آب دریای خلیج فارس و انتخاب بهترین روش برای ایجاد تصفیه خانه آب در شهر بندرعباس توسط نرم افزار شبیه ساز HYDRUS

محمد حسن انصاری<sup>۱</sup>، سید سجاد روان سالار<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد حقوق تجارت بین الملل دانشگاه تهران و مدیر دفتر حقوقی شرکت بهره برداری و پشتیبانی انتقال آب خلیج فارس و عضو مرکز وکلا، کارشناسان و مشاوران خانواده قوه قضاییه

<sup>۲</sup> کارشناسی ارشد مهندسی نفت، گرایش حفاری و بهره برداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه و شاغل در شرکت ملی پخش فراورده های نفتی منطقه هرمزگان Ravansalar.sajad36@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
ناریخچه مقاله: تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۸/۱۷ تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۳/۰۸/۱۹	امروزه تعداد زیادی از شهرهای کشور ایران دارای مشکل کمبود آب شیرین هستند. شیرین سازی آب شور دریا تبدیل به یک منبع عظیم صرفه جویی در تصفیه آب جهت مصارف کشاورزی، صنعتی و خانگی در بسیاری از مناطق جهان گردیده است و از نظر مالی بسیار به صرفه است، زیرا اکثر صنایع برای پروسه فرآیندی و خانواده ها برای مصرف روزمره مجبورند از دستگاه های آب شیرین کن استفاده کنند. در همین زمینه می خواهیم شبیه سازی یک تصفیه خانه پیشرفته برای نمک زدایی از آب دریای خلیج فارس برای شهر بندرعباس در استان هرمزگان واقع در کشور ایران با جمعیت ۷۰۰ هزار نفری را به کمک نرم افزار HYDRUS بحث و بررسی نماییم.
کلمات کلیدی: آب شیرین نرم افزار HYDRUS نمک زدایی تصفیه آب	

## ۱. مقدمه

در طول ۲۰ سال اخیر و با پیشرفت چشمگیر علم، آب دریا کاربردهای متنوعی منجمله برای تولید آب آشامیدنی برای مصارف شخصی و صنعتی پیدا کرده است. در حال حاضر بیش از ۱۵۰۰۰ واحد در مقیاس صنعتی در سراسر جهان در شهرهای ساحلی و کنار دریا برای تولید صنعت شیرین کردن آب در حال فعالیت هستند معروف ترین این روش ها عبارتند از: استفاده از روش الکترودیالیز، استفاده از غشاهای مختلف نظیر غشاهای نانو و ... استفاده از روش های مختلف غشایی مانند اسمز معکوس و ... همان طور که می دانیم طول عمر غشاها در دستگاه آب شیرین کن می تواند بر کیفیت آب دریا یا کیفیت واحد پیش تصفیه تأثیر بسزایی داشته باشد.

به طور کلی فرآیندهای نمک زدایی و شیرین سازی آب به دو دسته فرآیندهای غشایی و فرآیندهای تقطیری تقسیم می شوند. فرآیندهای تقطیری شامل سه روش تقطیر چند مرحله ای، تقطیر ناگهانی چند مرحله ای و بخار تراکمی می باشد که در این فرآیندها تغییر فاز به صورت تبخیر و تراکم با مصرف انرژی گرمایی بالا صورت می گیرد. در حالی که در فرآیندهای غشایی جداسازی توسط یک غشا نیمه تراوا بدون تغییر فاز با صرف انرژی کمتر انجام می شود. به همین دلیل فرآیندهای غشایی نسبت به فرآیندهای تقطیری به صرفه هستند. در انتخاب یک روش جداسازی مناسب، عواملی مانند هزینه ها و انرژی مصرفی با در نظر رفتن مسائل زیست محیطی بایستی مورد ارزیابی کامل قرار گیرد.

از طرفی پارامترهای عملیاتی مانند شوری، TDS، دمای ورودی و ... و فصولی که در آن قرار داریم مانند فصول خشک و بارانی بستگی دارد. نرم افزار HYDRUS به ما اجازه می دهد تا مدل بهینه را با شرایط مختلف در طول سال تطبیق دهیم. این نرم افزار با استفاده از برنامه ریزی غیرخطی می تواند منجر به ایجاد شرایط بهینه مطلوب و مدنظر ما شود. همچنین این نرم افزار عملکرد بهینه را با حداقل هزینه مستقل از شرایط عملیاتی و محیطی در تمام مدت محاسبه و گزارش می کند.

## ۲. شبیه سازی با نرم افزار HYDRUS

همان طور که پیشتر گفته شد نرم افزار HYDRUS یکی از نرم افزارهای قدرتمند در زمینه مدل سازی و شبیه سازی مهندسی آب است. این نرم افزار به متخصصین و محققین در صنعت آب این امکان را می دهد که فرآیندهای پیچیده ای را در زمینه مدلسازی و شبیه سازی ساخت تصفیه خانه های آب شیرین کن تحلیل کنند. یکی از بزرگترین ویژگی های نرم افزار HYDRUS، قابلیت تعریف پروفایل های متنوع آب برای هر کشور است. این نرم افزار به کاربران امکان می دهد تا ویژگی های آب هر دریا (که می خواهند آب آن دریا را نمک زدایی و تصفیه نمایند) را با توجه به شرایط محیطی مختلف آن شهر و آن کشور و حتی وضعیت آب و هوایی و اقلیم آن منطقه، تعریف و مدلسازی کنند. نرم افزار HYDRUS از سازگاری بالا با داده های میدانی برخوردار است و همچنین به مهندسان صنعت آب این امکان را می دهد تا داده های میدانی آب را به صورت مستقیم وارد کرده و در مدلسازی و تحلیل خود استفاده کنند. این ویژگی، اعتبار و قابلیت اعتماد نتایج مدلسازی را بهبود می بخشد. از دیگر قابلیت های این نرم افزار می توان به قابلیت مدلسازی فرآیندهای تعاملی نیازهای حالت مایع اشاره کرد. این بدان معناست که این نرم افزار به کاربران امکان می دهد فرآیندهای انجام شده در سامانه هیدرولیکی و آبی که نیازهای انواع حالات مایعات را شامل می شود را مدلسازی و تحلیل کنند. این قابلیت به مهندسین در زمینه مدلسازی و تحلیل فرآیندهایی مانند تراوایی و جریان آب در خاک کف دریا را نیز بررسی کنند [1].

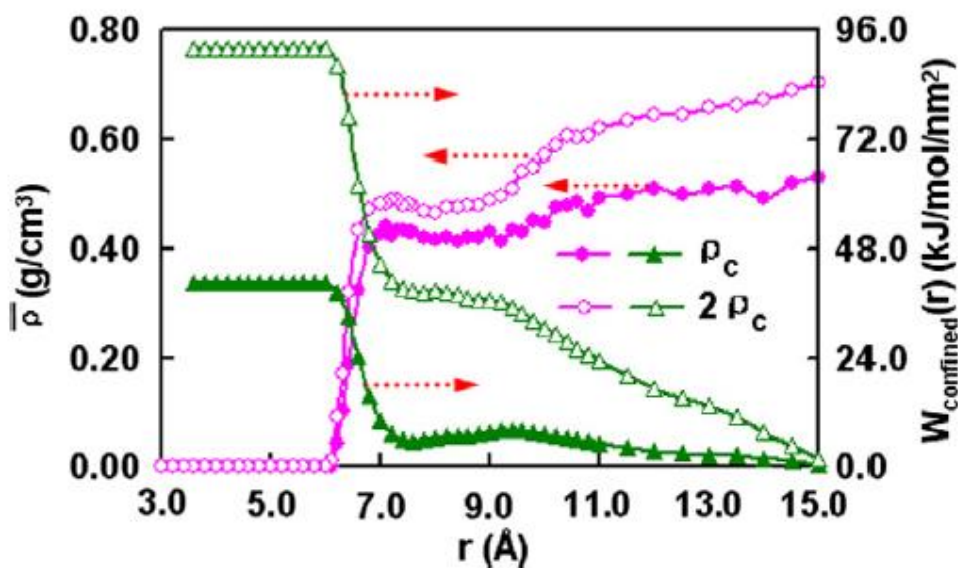
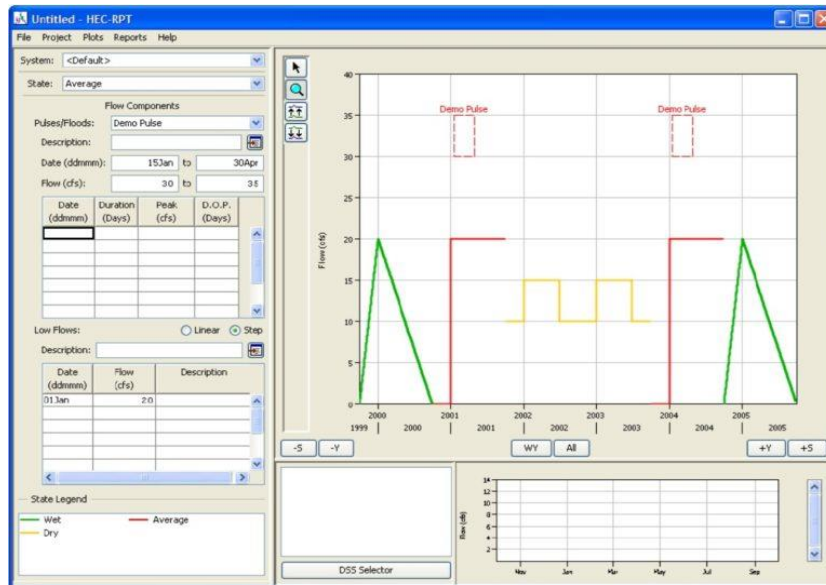
## ۳. انجام عملیات شبیه سازی با نرم افزار HYDRUS

در ابتدا به کمک نرم افزار، میزان نمک و سایر شرایط شیمیایی آب دریا را تعریف کرده و جمعیتی که می خواهیم برای آن شهر آب تصفیه شده برای صنعت و خانوار آن شهر را تامین کنیم، تعریف می کنیم. در این مقاله، مطالعه موردی روی شهر بندرعباس و آبی که می خواهد شیرین

میوه ها، اصلاح پساب بیمارستان ها و حذف فلزات سنگین از آب. این کاربردها بر اساس توانایی غشاهای الکترودیالیز برای جداسازی الکتروولیت ها از غیر الکتروولیت ها و جداسازی یون های چند ظرفیتی از تک ظرفیتی بنا شده است.

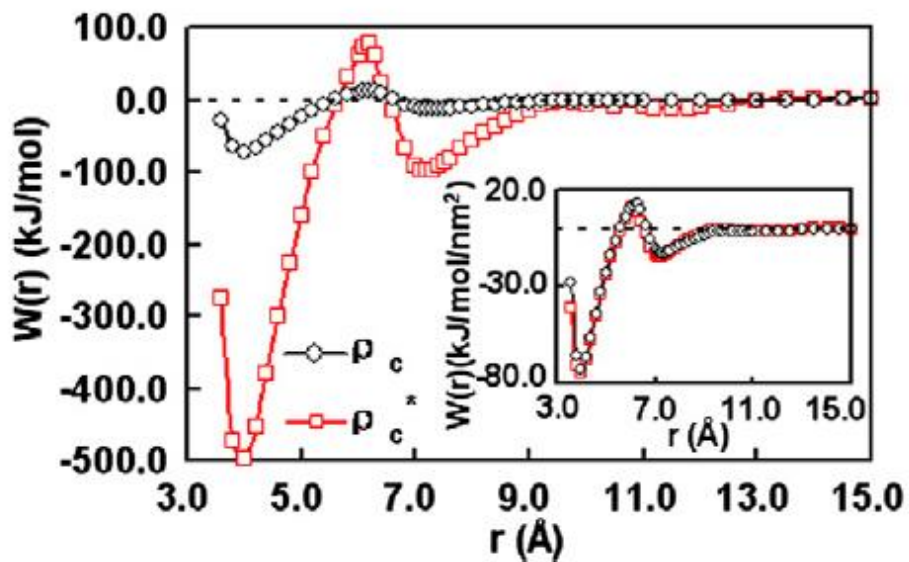
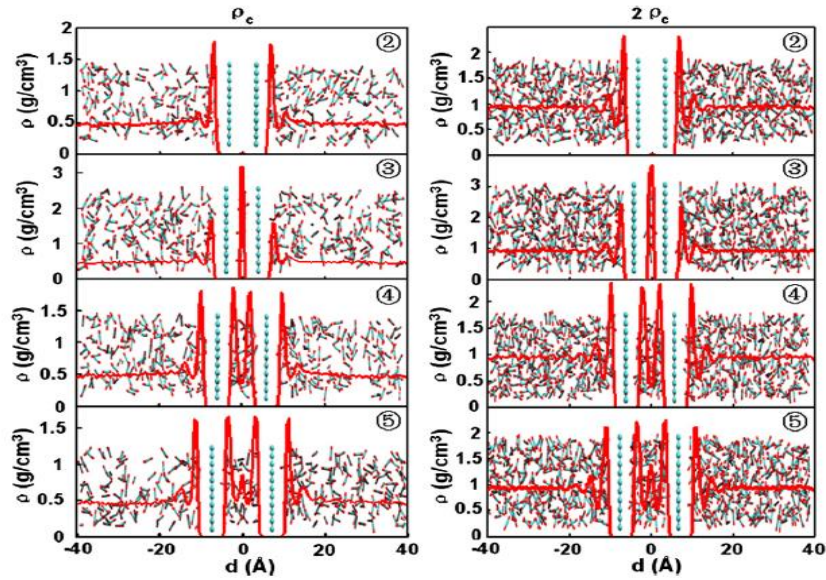
در ادامه برنامه ریزی خطی و نتایج شبیه سازی با نرم افزار HYDRUS نمایش داده شده است.

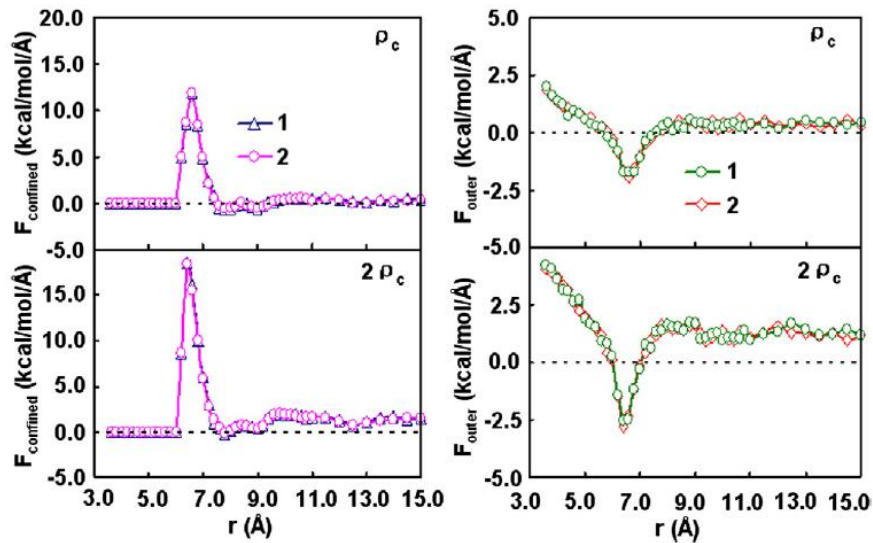
شود آب خلیج فارس می باشد. شرایط شیمیایی آب خلیج فارس (مانند TH, EC, PH, TDS و...) از مقالات معتبر خارجی گرفته شد [2-5]. با اطلاعات شیمیایی داده شده به نرم افزار، این نرم افزار بین روش های مختلف شیرین کردن آب، روش الکترودیالیز را مناسب تشخیص داده و مبنای شبیه سازی و محاسبات ساخت تصفیه خانه ای که بتواند برای جمعیت حدود ۷۰۰ هزار نفری بندرعباس کافی باشد روش الکترودیالیز می باشد. روش الکترودیالیز به طور گسترده در صنایع مختلف استفاده می شود. به عنوان مثال در صنایع غذایی برای حذف اسیدسیتریک از آب



شکل ۱: مراحل آماده سازی نرم افزار و تعریف داده ها و توپولوژی خلیج فارس و تحلیل اولیه به نرم افزار HYDRUS

نتایج شبیه سازی در ادامه آورده شد. نتایج حاکی از این بود که می توان نمک و سایر ویژگی های مضر را از آب حذف کرد.



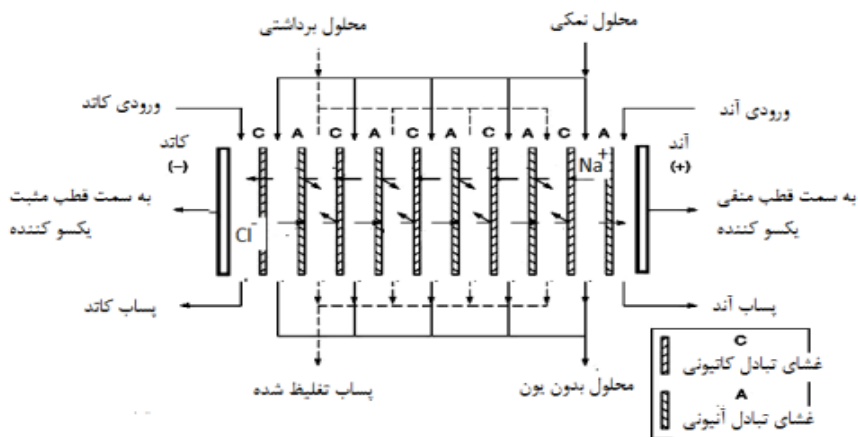


شکل ۲: مراحل حذف نمک به طور کامل از لحظه اول تا آخر از آب خلیج فارس توسط نرم افزار HYDRUS و نمایش توسط نمودارهای نقطه به نقطه

با توجه به شکل شماره ۳ که شماتیک تصفیه خانه برای نمک زدایی و شیرین کردن آب دریا به کمک روش الکترودیالیز را نشان می دهد و با توجه به مشخصات مطرح شده در جدول ۱ و جدول موادی که باید از آب حذف شوند در جدول ۲، داریم:

### ۱.۳. بررسی زدودن نمک و سایر ویژگی های شیمیایی آب

#### دریای خلیج فارس



شکل ۳: شماتیک سیستم آب شیرین کن دریا به کمک روش الکترودیالیز که توسط نرم افزار HYDRUS مناسب تشخیص داده شد.

برای طراحی ابتدایی تصفیه خانه، بایستی غلظت فلزات سنگین آب خلیج فارس و آزمایشات طراحی شده را بررسی کرد.

جدول ۱: غلظت فلزات سنگین آب خلیج فارس در اسفندماه ۱۴۰۲ تا شهریور ۱۴۰۳

مقایسه (حد مجاز کبالت (ppb) (۵۰) )	کبالت (ppb)	مقایسه (حد مجاز کادمیم (ppb) (۵۰) )	کادمیم (ppb)	مقایسه (حد مجاز نمک چسبیده به جلبک ها (ppb) (۱۰۰۰) )	نمک چسبیده به جلبکها (ppb)	مقایسه (حد مجاز نمک (ppb) (۲۰۰۰) )	نمک (ppb)	
بسیار کمتر	۰/۳۲۱	بسیار کمتر	۰/۱۱۸	بسیار کمتر	۰/۰۸۱	بسیار کمتر	۰/۰۴	اسفند ۱۴۰۲
بسیار کمتر	۱/۷۰۶	بسیار کمتر	۰/۲۴	بسیار کمتر	۲/۳۲	بسیار کمتر	۴/۲۳	فروردین ۱۴۰۳
بسیار کمتر	۰/۷۰۷	بسیار کمتر	۰/۰۰۸	بسیار کمتر	۰/۱۹۸	بسیار کمتر	۴/۱	اردیبهشت ۱۴۰۳
بسیار کمتر	۰/۳۸۶	----	۰	بسیار کمتر	۴/۴	بسیار کمتر	۰/۵۹۴	خرداد ۱۴۰۳
بسیار کمتر	۱/۰۶	----	۰	بسیار کمتر	۵/۲۹	بسیار کمتر	۰/۴۳	تیر ۱۴۰۳
بسیار کمتر	۱/۹۳	بسیار کمتر	۱/۸۹	بسیار کمتر	۷/۸۳	بسیار کمتر	۲/۵۵	مرداد ۱۴۰۳
بسیار کمتر	۲/۶۹	بسیار کمتر	۰/۲۱	بسیار کمتر	۸/۱۸	بسیار کمتر	۹/۹۷	شهریور ۱۴۰۳

جدول ۲: آزمایش‌های طراحی شده برای جذب موادی که باید از آب حذف شوند به کمک روش الکترودیالیز

شماره آزمایش	pH	غلظت آلاینده (ppb)	دوز جاذب (g/L)	زمان تماس (min)
۱	۵	۱	۰/۰۵	۱۵
۲	۵	۲۵	۰/۲	۳۰
۳	۵	۵۰	۰/۳۵	۴۵
۴	۵	۱۰۰	۰/۵	۶۰
۵	۶	۱	۰/۲	۴۵
۶	۶	۲۵	۰/۰۵	۶۰
۷	۶	۵۰	۰/۵	۱۵
۸	۶	۱۰۰	۰/۳۵	۳۰
۹	۷	۱	۰/۳۵	۶۰
۱۰	۷	۲۵	۰/۵	۴۵
۱۱	۷	۵۰	۰/۰۵	۳۰
۱۲	۷	۱۰۰	۰/۲	۱۵
۱۳	۸	۱	۰/۵	۳۰
۱۴	۸	۲۵	۰/۳۵	۱۵
۱۵	۸	۵۰	۰/۲	۶۰
۱۶	۸	۱۰۰	۰/۰۵	۴۵

## ۱. نتایج

الکترودیالیز برای این داده ها مناسب تشخیص داده شد و با توجه به عکس ها و نمودارهای حاصل از این شبیه سازی، می توان مطمئن شد که تمام ویژگی های مضر آب تا ۹۹,۹٪ حذف و آبی سالم به دست مصرف کننده می رسد.

با بررسی غلظت فلزات سنگین آب خلیج فارس و ورود این اطلاعات به نرم افزار HYDRUS پس از انجام محاسبات سنگین توسط این نرم افزار، تصفیه آب به کمک روش

## منابع

- HYDRUS. تجربیات نویسندگان مقاله در زمینه تصفیه آب و نرم افزار [1]
- [2] H.R. Maleki, M. Tata and M. Mashinchi, Fuzzy Sets Systems, 109 (2000) 21–33.
- [3] T. Ross, J. Booker and W.J. Parkinson, Fuzzy Logic and Probability Applications. Bridging the Gap, SIAM-ASA Series, Philadelphia, 2002.
- [4] C. Carlsson and P.A. Korhonen, Fuzzy Sets Systems, 20 (1986) 7–30.
- [5] C.V. Negoita, Fuzzy Sets Systems, 6 (1981) 261–269.