

## تحلیل سیستمی الزامات، هزینه‌ها و اثربخشی بسته سیاستی احداث آب شیرین کن اتمی در سواحل دریای عمان برای انتقال آب به دشت سیستان

دکتر محمد رضا شهباذبگیان\* - استادیار جغرافیا و برنامه ریزی آمایش سرزمین، دانشگاه تربیت مدرس  
مارال صادقی - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۲۰

### چکیده

با توجه به وابستگی نواحی شرقی کشور به منابع آب ورودی از کشور افغانستان، گزینه‌های روی میز مختلفی برای کاهش وابستگی این نواحی به منابع آب ورودی به کشور ارائه شده‌اند. همانند بسیاری از کشورهای دنیا به خصوص در خاورمیانه که با بحران آب مواجه می‌باشند، یکی از مهمترین این گزینه‌ها استفاده از فناوری شیرین‌سازی آب شور دریاها برای مرفوع ساختن مشکل کم‌آبی است. در این راستا با توجه به هزینه بالای این بسته سیاستی که معمولاً مبتنی بر استفاده از انرژی الکتریسیته و به‌تیغ آن سوخت‌های فسیلی می‌باشد و نیز آلودگی‌های زیست محیطی منتج از آن، استفاده از انرژی اتمی برای شیرین‌سازی آب دریا در کانون توجه ذی‌مدخلان مربوطه قرار گرفته است. با توجه به پتانسیل خوب کشور در استفاده از سواحل دریای عمان، به لحاظ اتصال به اقیانوس هند و نیز دارا بودن دانش و توانایی استفاده از انرژی اتمی، این بسته سیاستی از اهمیت استراتژیک بالایی برخوردار است. در این خصوص تحلیل الزامات و هزینه‌های بلند مدت اجرای بسته سیاستی مذبور از پنج نقطه‌نظر ظرفیت نیروگاه اتمی مورد نیاز، کیفیت آب مورد انتظار، فاصله تا مقصد مورد نظر برای انتقال آب، هزینه در دسترس بودن منابع انرژی برای انتقال آب و ملاحظات زیست محیطی بررسی و بهمنظور ارزیابی نهایی بسته سیاستی مذبور، الزامات، هزینه‌ها و اثربخشی آن با چهار بسته سیاستی دیگر شامل افزایش تابآوری دشت سیستان به کاهش منابع آب، خرید آب از کشور افغانستان، سیاست تلفیقی از تابآوری و راهاندازی آب شیرین کن اتمی و نهایتاً ادامه وضعیت موجود تا سال ۲۰۵۰ میلادی با استفاده از توسعه یک مدل شبیه‌ساز سیستمی مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج حاکی از آن است که سیاست مبتنی بر راهاندازی آب شیرین کن اتمی در صورت تلفیق با سیاست افزایش تابآوری در قالب سیاست تلفیقی، پایدارترین بسته سیاستی

در کاهش وابستگی دشت سیستان به منابع آب ورودی به کشور و بهتیغ آن در کاهش وابستگی کشور به منابع آب ورودی از کشور افغانستان خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: آب شیرین کن اتمی، دریای عمان، دشت سیستان، تابآوری، مذاکره.

## ۱- مقدمه

افزایش جمعیت و رشد اقتصادی در دنیا موجب افزایش نیاز به منابع آب بیشتر به عنوان حیاتی‌ترین نیاز بشر برای زندگی شده است. با توجه به محدود بودن منابع آب، استفاده از فناوری‌های نوین در افزایش منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. همانند بسیاری از مناطق دنیا در منطقه خاورمیانه که با بحران جدی آب مواجه است، یکی از مهمترین گزینه‌های پیش‌رو استفاده از فناوری شیرین سازی آب شور دریاها برای مرتفع ساختن م‌شکل کم‌آبی است. یک سیستم آب شیرین کن به طور کلی آب شور را به دو جریان شامل آب خالص با درصد بسیار کمی از نمک و دیگری حاوی نمک و املال که به لحاظ اثرات زیست محیطی بسیار مورد توجه است تقسیم می‌نماید (Masoumi and Khanjani, 2011:12).

بر اساس تخمين انجمان جهانی انرژی اتمی، در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا نیاز به آب شیرین از ۹ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۱۰ به ۱۳,۳ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۳۰ افزایش خواهد یافت (World Nuclear Association, 2016:110). در نتیجه ظرفیت تولید آب شیرین توسط آب شیرین کن‌ها از ۲۱ میلیون مترمکعب در روز به ۱۱۰ میلیون مترمکعب در روز تا سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد. در این حین سهم کشورهای عربستان سعودی، امارات متحده، کویت، الجزیره و لیبی ۷۰ از مقدار مزبور درصد خواهد بود. لذا مصرف انرژی برای شیرین‌سازی آب دریا در این منطقه به ۱۲۲ تراوات در سال ۲۰۳۰ میلادی افزایش خواهد یافت (Ibid:115). مشابه‌اً در آسیا، کشور چین بزرگترین بازار تقاضا برای آب شیرین تولیدی با استفاده از آب شیرین کن‌ها در دنیا را خواهد داشت. طبق گزارش انجمان بین‌المللی شیرین سازی آب، در حدود ۱۵۰۰۰ سایت آب شیرین کن در دنیا وجود دارد که روزانه ۷۲ میلیون مترمکعب از آب شور را شیرین می‌نمایند در این میان ۶۰ درصد از مقدار آب مورد

استفاده از آب شور دریا تغذیه می‌شود (IEA-ETSAP, 2012:71). همچنین طبق گزارش مزبور ۳۸ درصد از کل آب شیرین کن‌های دنیا در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا می‌باشد (IEA-ETSAP, 2012:71). بزرگترین سایت آب شیرین کن دنیا، با هزینه احداث ۳,۸ بیلیون دلار، آب شیرین کن الجبیل در عربستان سعودی با ظرفیت تولید ۹۴۸ هزار مترمکعب آب در روز به همراه تولید ۲۷۴۵ مگاوات برق با استفاده از انرژی فسیلی گاز است (IEA, 2016: 201). چین در حال ساخت یک میلیون مترمکعب در روز برای تأمین آب پکن می‌باشد. دو سوم ظرفیت منابع آب شور مورد نیاز برای شیرین سازی توسط آب شیرین کن‌ها تو سط آب دریا و یک سوم آن تو سط منابع آب شور زیرزمینی (آب لب شور) تأمین می‌شوند (IEA, 2016: 200). همچنین یکی از مهم‌ترین آب شیرین کن‌های اتمی در دنیا، در محدوده جغرافیایی رژیم اشغالگر صهیونیستی تأسیس شده است که سه چهارم منابع آب شیرین آن رژیم را تأمین نموده و اخیراً توجه زیادی را به خود جلب نموده است (Esmaeilzadeh, 2016: 1).

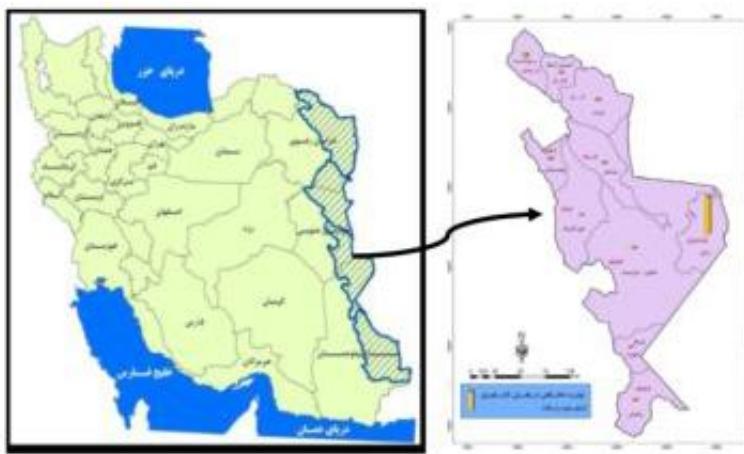
در این راستا با توجه به هزینه بالای استفاده از آب شیرین کن‌ها که بیشتر متوجه هزینه تأمین انرژی بوده و اغلب از منابع سوخت فسیلی تأمین می‌شود و به تبع آن هزینه‌های زیست محیطی زیادی متوجه آن است، استفاده از انرژی اتمی برای شیرین سازی آب دریا بیشتر در کانون توجه ذی‌مدخلان مربوطه قرار گرفته است در این راستا حافظنیا بیان می‌دارد که با وجود بحران آب در کشور تنها ترین و پایدارترین منابع آبی کشور آبهای دریای عمان است که با راه اندازی سایت‌های آب شیرین کن اتمی می‌توان آب مورد نیاز کشور را تأمین کرد (Hafeznia, 2013:1). قدمت استفاده از انرژی اتمی جهت نمک‌زدایی از آب دریا به دهه ۱۹۶۰ برمی‌گردد (Ezatabadi and Jahanshah, 2007:12) در این راستا آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA) همکاری‌های لازم در این خصوص را فراهم می‌آورد. چنین همکاری‌هایی دربردارنده ارزیابی‌های فنی و اقتصادی پروژه‌های آب شیرین کن است. اما باید دید که با توجه به هزینه‌ها و الزامات بسته سیاستی مزبور اجرای چنین سیاستی در داخل کشور تا چه اندازه در کاهش آسیب‌پذیری به کاهش منابع آب مؤثر می‌باشد. به عبارت دیگر مطالعه

این فناوری تاکنون تنها بر امکان انجام آن به لحاظ فنی متمرکز بوده و تاکنون الزامات، هزینه‌های فنی و اثربخشی آن با بسته‌های سیاستی دیگر مورد مقایسه قرار نگرفته است. برای این منظور دشت سیستان به عنوان وابسته‌ترین منطقه شرق کشور به منابع آب ورودی رودخانه هیرمند منشعب از کشور افغانستان، و به‌تیغ آن آسیب‌پذیرترین منطقه به کاهش منابع آب مزبور به عنوان منطقه مطالعاتی در نظر گرفته شد. چرا که تحولات سیاسی کشور افغانستان بر روی مهار آب رودخانه هیرمند در آن کشور و به‌تیغ آن بر روی کاهش منابع آب ورودی به دشت سیستان مستقیماً تأثیرگذار است (Shahbazbeian et al. 2016: 17). در ادامه مقاله پیش‌رو پس از معرفی منطقه مطالعاتی به یک تحلیل عملیاتی از الزامات و هزینه‌های اجرای بسته سیاستی مبتنی بر راه‌اندازی آب شیرین کن اتمی تا سال ۲۰۵۰ میلادی پرداخته و سپس با استفاده از توسعه یک مدل شبیه‌ساز سیستمی، توانایی اثربخشی این بسته سیاستی را در کنار سه بسته سیاستی مبتنی بر افزایش تاب‌آوری، خرید آب از کشور افغانستان، تلفیق راه‌اندازی آب شیرین کن اتمی و افزایش تاب‌آوری و همچنین نسبت به ادامه وضع موجود، به نمایش می‌گذارد و در پایان با ارائه یک نتیجه‌گیری به پایان می‌رسد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۱-۲- منطقه مطالعاتی

دشت سیستان محصور در مرازهای سیاسی دو شهرستان زابل و هیرمند (شکل ۱)، دو بدنۀ آبی رودخانه هیرمند و دریاچه هامون (به عنوان بزرگ‌ترین دریاچه آب شیرین جهان و یکی از تالاب‌های بین‌المللی) را در خود جای داده است. منابع تأمین آب این دشت به صورت مستقیم یا غیرمستقیم وابسته به منابع آب رودخانه هیرمند می‌باشد که در داخل مرز ایران رودخانه سیستان نامیده می‌شود (Beikmohammadi and Noori, 2007:23).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز مورد مطالعه

(Water development plan, 2009: 33)

از سوی دیگر، دو شهرستان مزبور بیشترین حجم ارزش افزوده کشاورزی را در حوضه مورد مطالعه داشته و حیات اقتصادی- اجتماعی محدوده مورد مطالعه، به خصوص بخش کشاورزی، بستگی تام به حیات هیرمند و هامون دارد (Economic report of Water development plan, 2011:25). کاهش و نهایتاً قطع آورد سالانه رودخانه هیرمند و نیز کاهش حجم آب دریاچه هامون تا حد بحران و بروز فاجعه‌ی اکولوژیکی، اثرات منفی زیادی بر معیشت و اقتصاد مردم منطقه گذاشته است (Beek et al. 2008: 31) از آنجا که شهرستان‌های مزبور به لحاظ میزان جمعیت ساکن، مؤثرترین شهرستان‌ها در تأمین امنیت دشت سیستان در قسمت مرزی ایران با افغانستان محسوب می‌شوند اهمیت وابستگی به منابع آب در این حوضه آبریز دوچندان می‌شود.

از سوی دیگر دشت سیستان بخشی از حوضه آبریز هامون هیرمند است. این حوضه بخش‌هایی از مرز ایران با افغانستان و پاکستان را تشکیل می‌دهد و به همین دلیل مدیریت منابع آب این حوضه با ملاحظات سیاسی خاصی صورت می‌گیرد. دشت مزبور با بارندگی متوسط سالانه کمتر از ۶۰ میلی‌متر و فقدان آبخوان قابل استحصال زیرزمینی عملاً همیشه متکی به رودخانه هیرمند به عنوان تنها منبع تأمین‌کننده آب خود بوده است. به علت اینکه

رودخانه هیرمند تقریباً تنها منبع آب دشت سیستان، هم از لحاظ شرب و هم از لحاظ کشاورزی می‌باشد (البته تعداد محدودی از مزارع تو سط چاه کشاورزی آبیاری می‌شوند ولی کیفیت آب زیرزمینی دشت سیستان حتی برای کشاورزی هم مساعد نیست)، اهمیت این رودخانه برای مردم و مسئولین این منطقه بیش از هر منطقه‌ای می‌باشد. وابستگی به آورد رودخانه هیرمند در دشت سیستان تنها به اینجا ختم نشده و تلااب هامون به عنوان بزرگ‌ترین دریاچه آب شیرین در سرتاسر فلات ایران (Ebrahimzadeh, 2001: 45) نیز به شدت وابسته این آورد می‌باشد. اثرات زیست محیطی کاهش آب این دریاچه شامل خسارت به گونه‌های گیاهی و جانوری، زیستگاه حیات وحش، خسارت به تنوع زیستی، و فرسایش خاک است (Bezi, 2008: 91). اثرات اجتماعی شامل درگیری بین استفاده کنندگان از آب، کاهش کیفیت زندگی و مسئله مهاجرت از روستا به شهر و مهاجرت به خارج کشور و روی آوردن به شغل‌های کاذب می‌باشد (Mokhtari and Saleh, 2007: 54). از آنجا که این ناحیه یک منطقه مرزی محسوب می‌شود مهاجرت مردم به مقابله کاهش امنیت در منطقه خواهد بود. از سوی دیگر خشکی دریاچه هامون یکی از معبرهای عبور مواد مخدر در شرق کشور شده است و لذا یکی از پروژه‌های بزرگ و مهم نیروی انتظامی در زمینه انسداد مرزها در شرق کشور ایجاد برجک‌های دیده‌بانی در این دریاچه بوده است (Bouye and Sharifi, 2010: 104).

به طور کلی بیکاری، فقر، بیماری، مهاجرت‌های دسته‌جمعی، فاچاق سوخت، رشد مشاغل کاذب و ... از جمله اتفاقات اجتماعی است که در منطقه سیستان با بحران کم‌آبی و در پی آن با خشک شدن هیرمند و هامون اتفاق افتاده است (Ebrahimzadeh, 2001: 21). بیرونی بودن منشاء تأمین آب سیستان و وابسته بودن مقدار جريان آب رودخانه هیرمند و سیستان به رویدادها و تحولاتی که در عرصه‌های سیاسی - اقتصادی کشور افغانستان به وقوع می‌پیوندد، توأم با ملاحظات و الزامات جدید پدید آمده در وضعیت اکولوژیکی - اقتصادی و اجتماعی منطقه، اعمال نگرش و تفکری منطبق با شرایط، مقتضیات و واقعیت‌های منطقه را در قالب یک برنامه‌ریزی یکپارچه برای توسعه پایدار اجتناب‌ناپذیر ساخته است.

به همین دلیل مطالعات زیادی برای تخفیف اثرات منفی کاهش منابع آب بر دشت سیستان

مبتنی بر پارادایم مدیریت یکپارچه منابع آب انجام شده است (Shahbazbegin, 2016: 203). مهمترین مطالعات انجام شده در این ناحیه مطالعاتی همچون مدیریت یکپارچه منابع آب دشت سیستان (Kwadijk and Diermanse 2006: 37) است که سیاست‌های پیشنهادی متوجه از این مطالعات تاکنون بر دو محور تأمین منابع آب (با تأکید بر افزایش حجم چاه نیمه‌ها) و تغییر سطح زیر کشت کشاورزی متتمرکز بوده‌اند. اما نتایج مطالعات انجام شده در این دشت حاکی از آسیب‌های شدید وارد به سطح زیر کشت، حجم آب دریاچه هامون، امنیت و نیز افزایش مضلاعات اجتماعی از جمله شیوع مشاغل کاذب در این دشت در هنگام مواجهه با کم‌آبی می‌باشد (Mokhtari and Saleh, 2010: 32). شواهد حاکی از آن است که با وجود همه این مطالعات دشت سیستان هنوز در برابر کاهش منابع آب ناپایدار می‌باشد و دلیل اصلی آن عدم توجه به مقوله هیدرопلیتیکی مربوط به آن می‌باشد (Shahbazbegin, 2016: 67). دانش هیدرопلیتیک در سال‌های پایانی قرن بیستم به عنوان موضوعی مهم در کانون بحث‌ها و مذاکرات بین‌المللی قرار گرفت (Dolatyar and Gray, 1999: 34). طبق تعریف علم هیدرопلیتیک به مطالعه و پیش‌بینی عوامل تأثیرگذار در توازن آب و سیاست در سطوح مختلف ملی، منطقه‌ای و جهانی می‌پردازد (Hafeznia et al, 2006: 4). و از نظر ول夫 مهمترین قسمت آن مطالعه تنفس و همکاری در یک حوضه آبریز مشترک است (Wolf 1999: 11). همچنین الهانس علم هیدرопلیتیک را مطالعه سیستماتیک همگرایی و واگرایی بین ملت‌ها بر سر منابع آب مشترک تعریف می‌نماید (Elhance, 1999: 1). اگرچه اساساً درباره نگرش به مفهوم هیدرопلیتیک در تحقیقات مختلف دیدگاه واحدی وجود ندارد، اما می‌توان گفت که محوریت همه تحقیقات هیدرопلیتیک به کاهش وابستگی کشور پایین‌دست به منابع آب ورودی از بالادست به آن متتمرکز می‌باشد. یکی از مطرح‌ترین سیاست‌های روی میز کشور برای کاهش وابستگی دشت سیستان به منابع آب ورودی از کشور افغانستان راهاندازی سایت آب شیرین کن اتمی است که در تحقیق پیش‌رو مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲-۲- تحلیل عملیاتی بسته سیاستی راهاندازی آب شیرین کن اتمی (Policy N)

هزینه راهاندازی یک نیروگاه آب شیرین کن اتمی و هزینه انتقال آب شیرین تولید شده از آن به منطقه مورد نظر به عوامل مختلفی بستگی دارد که در ذیل مورد بررسی قرار می‌گیرند:

- هزینه و در دسترس بودن منابع انرژی: از آنجا که هزینه شیرین سازی آب شور از روش‌های مختلف، ارتباط مستقیمی با میزان انرژی مصرفی دارد لذا این پارامتر مهمترین عامل تأثیرگذار در راهاندازی یک سایت آب شیرین کن می‌باشد. بدین ترتیب هرچه هزینه انرژی بیشتر باشد هزینه تولید آب شیرین از آب دریا بیشتر خواهد بود. کارآمدترین تکنولوژی آب شیرین کن، دارای مصرف ۴ تا ۵ کیلو وات به ازای تولید یک متر مکعب آب شیرین است (World Nuclear Association, 2016: 115). این در حالی است که هزینه واقعی تولید هر کیلو وات برق حدود ۶-۵ سنت در یک نیروگاه معمولی است که این رقم در نیروگاه اتمی به یک سوم کاهش خواهد یافت (IEA, 2016: 200). بر اساس تخمین ارائه شده توسط انجمن جهانی انرژی اتمی، هزینه شیرین سازی آب دریا به ازای هر متر مکعب در روز بین دو تا یک دلار خواهد بود (World Nuclear Association, 2016: 117). بر اساس اعلام سازمان جهانی انرژی اتمی، با در نظر گرفتن روش‌های مختلف شیرین سازی، متوسط هزینه تولید هر مترمکعب آب شیرین با استفاده از انرژی اتمی ۵۰ سنت، معادل ۱۵۰۰ تومان است که در این مقاله ملاک محاسبه قرار گرفته است (IEA, 2016: 205).
- ظرفیت نیروگاه اتمی مورد نیاز: اگر آب شیرین کن اتمی محصول جانبی یک نیروگاه اتمی، مانند آب شیرین کن کوپل شده به نیروگاه اتمی بوشهر باشد، تعیین ظرفیت نیروگاه بر اساس نیاز محصول اصلی تعیین گشته و میزان آب شیرین مورد نیاز در تعیین ظرفیت نیروگاه نقش زیادی نخواهد داشت. مشابه این وضعیت آب شیرین کن اتمی نیروگاه بوشهر با ظرفیت تولید ۱۰۰۰۰۰ مترمکعب در روز آب شیرین است که به صورت یک محصول جانبی در کنار نیروگاه اتمی مزبور به صورت یک سیستم کوپلینگ نصب شده است. اما از آنجا که مقدار آب شیرین تولید شده در نیروگاهی مشابه نیروگاه بوشهر، پاسخگوی نیاز

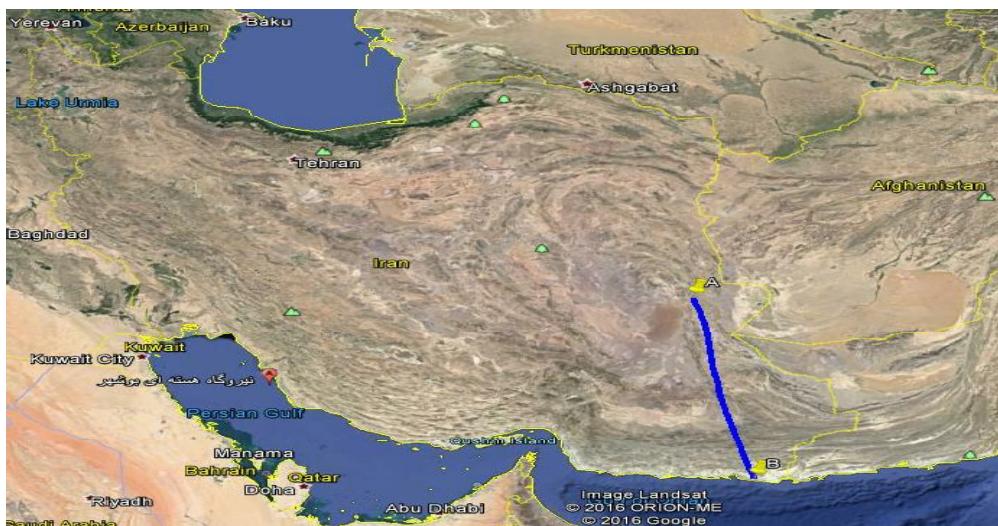
آبی منطقه‌ای مانند دشت سیستان نمی‌باشد (نگارندگان)، لذا باید نیروگاه مورد نظر به‌گونه‌ای در نظر گرفته شود که محصول اصلی آن تولید آب شیرین از دریای عمان باشد. بدین ترتیب مقدار آب شیرین مورد نیاز، تعیین کننده ظرفیت نیروگاه اتمی و به‌تبع آن هزینه اولیه راهاندازی آن می‌باشد. در یک تخمین هزینه راهاندازی یک سایت آب شیرین کن اتمی، به ازای هر مترمکعب آب شیرین در روز بین ۸۰۰ تا ۱۵۰۰ دلار می‌باشد<sup>2</sup> (World Nuclear Association, 2016: 131). مقرن به صرفه‌ترین آب شیرین کن اتمی دنیا، آب شیرین کن اتمی سورک واقع در کشور اسرائیل می‌باشد<sup>(Ibid)</sup>. نیروگاه مزبور با ظرفیت ۶۲۷,۰۰۰ مترمکعب آب در روز را دارد. هزینه راهاندازی نیروگاه مزبور بین سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۱۱، ۴۰۰ میلیون دلار معادل ۱۲۰۰ میلیارد تومان تخمین زده شده است (Esmaeilzadeh, 2016: 2). محصول اصلی نیروگاه مزبور تولید آب شیرین از دریای مدیترانه می‌باشد. لذا مدل نیروگاه مزبور ملاک محاسبه ظرفیت و هزینه راهاندازی آب شیرین کن اتمی در دریای عمان در این مقاله قرار گرفته است.

- میزان شوری مورد انتظار: بسته به نوع استفاده از آب شیرین تولید شده، شوری مورد انتظار از آن متفاوت خواهد بود. بدین ترتیب که شوری مورد انتظار با توجه به حد مجاز استاندارد، برای مصرف شرب بین ۴۰۰ تا ۹۰۰ میکروموس بر سانتیمتر، برای مصرف کشاروزی بسته به نوع محصول بین ۵۰۰۰ تا ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر و برای مصرف صنعت، بهخصوص صنایع غیر خوارکی، می‌تواند در گستره وسیع‌تری قرار بگیرد. یک سایت آب شیرین کن در حالت ایده‌آل توانایی تولید آب شیرین با کیفیت ۲۰۰ میکروموس بر سانتیمتر از آب شور دریا با کیفیت متوسط ۲۰۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر را دارد. از آنجا که بیشترین مصرف آب در دشت سیستان مربوط به بخش کشاورزی است لذا با فرض خطی بودن رابطه اختلاط بین آب شور و شیرین، از ترکیب هر ۲ مترمکعب آب شیرین تولید شده توسط آب شیرین کن هسته‌ای با درجه شوری ۲۰۰ میکروموس با یک مترمکعب آب شور دریا با درجه شوری ۲۰۰۰۰ میکروموس می‌توان به سه مترمکعب آب

شیرین با کیفیت ۶۰۰۰ میکرو موس که مناسب برای کشاورزی و صنعت منطقه است دست یافت. لازم به ذکر است که شوری آب دریاچه هامون، به عنوان یک دریاچه آب شیرین به طور متوسط ۶۰۰۰ میکروموز بر سانتی متر بوده که این مقدار حاکی از آن است که مقدار آب شیرین تولید شده توسط نیروگاه اتمی قابلیت تغذیه دریاچه هامون و با کمی هزینه شخصی و نصب دستگاههای آب شیرین کن خانگی قابلیت استفاده شرب را نیز دارد.

• ملاحظات زیست محیطی مربوطه: یک سایت آب شیرین کن از یک واحد آب شور دریا با شوری ۲۰۰۰۰ میکروموز در سانتیمتر توانایی تولید دو سوم واحد آب شیرین با کیفیت ۲۰۰ میکروموز را دارد. در عین حال یک سوم واحد از آب وارد به سایت آب شیرین کن، آب با شوری بسیار بالا و غیرقابل استفاده است که دارای ملاحظات زیست محیطی بوده و بسته به رویکرد برخورد با آن می‌تواند به عنوان هزینه یا درآمد جانبی مد نظر باشد. بدین ترتیب که اگر آب شور مزبور مستقیماً به دریای عمان وارد شود به لحاظ مشکلات زیست محیطی به عنوان هزینه و اگر برای فناوری‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرد می‌تواند به عنوان درآمد باشد. باید در نظر داشت که یکی از نقاط قوت احداث آب شیرین کن اتمی در سواحل دریای عمان، برخلاف خلیج فارس، اتصال این دریا به اقیانوس هند است که ملاحظات زیان‌آور زیست محیطی دفع آب شور ایجاد شده از سایت آب شیرین کن را به حداقل می‌رساند.

• فاصله دشت سیستان از سایت آب شیرین کن اتمی: این پارامتر به جهت هزینه انتقال آب دارای اهمیت می‌باشد. برای این منظور با در نظر گرفتن کوتاه‌ترین مسیر ممکن، فرض شد که سایت آب شیرین کن اتمی در سواحل چابهار و مسیر انتقالی فرضی، منطبق بر مسیر AB مشخص شده در نقشه شماره ۲ باشد.



نقشه شماره ۲: مسیر فرضی انتقال آب از سایت آب شیرین کن اتمی به دشت سیستان

پروفایل عرضی ترسیم شده در مسیر مذبور در نمودار شماره ۱ حاکی از آن است که ارتفاع یا هد مورد نیاز برای انتقال آب از نقطه A به نقطه B در نظر گرفتن اصطکاک مسیر و هزینه‌های احداث سازه‌های آبی همچون تونل انتقال آب، در حدود ۹۷۰ متر می‌باشد. با در نظر گرفتن ۵۰ درصد ارتفاع اضافی برای پوشاندن اصطکاک مسیر انتقال آب، ارتفاع یا هد آبی مورد نیاز برای انتقال آب ۱۷۵۰ متر در نظر گرفته شد. متعاقباً با ملاک قراردادن هزینه تأمین هد پیاپی با استفاده از الکتریسیته تولیدی از نیروگاه اتمی، هزینه انتقال هر مترمکعب آب تا ارتفاع یک متر ۱۲ ریال ملاک محاسبات مربوطه قرار گرفت. لذا منهای هزینه تولید آب شیرین، هزینه انتقال هر مترمکعب آب از سایت آب شیرین کن مدنظر تا دشت سیستان حدود ۲۱۰۰ تومن خواهد بود.



نمودار شماره ۱: پروفایل عرضی مسیر فرضی انتقال آب از نقطه A تا نقطه B ترسیم شده بر روی نقشه شماره ۲

بدین ترتیب، بسته سیاستی استفاده از آب شیرین کن اتمی، با فرض آنکه حداقل ظرفیت نیروگاه مورد استفاده، معادل نیروگاه اتمی سورک با ظرفیت ۱۴۰۰ مگاوات باشد، با پنج ظرفیت مختلف مطابق جدول شماره ۱ در نظر گرفته شد. بر اساس توضیحات این بخش، هزینه اولیه راهاندازی، هزینه انتقال در مسیر مطروحه، هزینه شیرینسازی آب، مقدار آب شیرین تولیدی در سال، مقدار آب شور ترکیبی با آب شیرین، مقدار آب شور تولیدی و مقدار کل آب انتقالی از سایت آب شیرین کن اتمی تا دشت سیستان محاسبه و در جدول شماره ۱ آورده شده‌اند.

جدول شماره ۱: تخمین هزینه‌های آب شیرین کن بسته به ظرفیت نیروگاه مربوطه (با فرض اجرای سیاست از سال ۲۰۱۰ م)

ظرفیت نیروگاه	هزینه سرمایه‌گذاری اتمی تولید آب	هزینه سالانه اولیه <sup>۴</sup>	هزینه شیرین تولید آب	مقدار آب شور <sup>۶</sup>	مقدار آب ترکیب	مقدار آب خروجی از شیرین <sup>۸</sup>	مقدار آب شیرین انتقال آب	هزینه سالانه میلادی	مجموع کل هزینه‌ها <sup>۹</sup>
آب شیرین	(میلیارد تومان)	(میلیارد تومان در سال)	(میلیون شیرین در سال)	(مترمکعب شده با آب شیرین در سال)	(مترمکعب شیرین شده با آب شیرین در سال)	(میلیون کن <sup>۷</sup> )	(میلیون قابل انتقال آب شیرین در سال)	(میلیارد تومان در سال)	(میلیارد تومان)
۱۰۰۰	۸۰۰	۲۹۰	۱۶۰	۵۳	۶۴	۲۱۵	۳۷۵	۳۰۷۲۰	
۱۱۰۰	۹۰۰	۳۲۰	۱۷۵	۵۸	۷۰	۲۳۵	۴۱۲	۳۳۸۰۰	
۱۲۰۰	۱۰۰۰	۳۵۰	۱۹۰	۶۵	۷۶	۲۵۷	۴۵۰	۳۶۸۷۵	
۱۳۰۰	۱۱۰۰	۳۷۵	۲۱۰	۷۰	۸۴	۲۷۸	۴۹۰	۴۰۰۰۰	
۱۴۰۰	۱۲۰۰	۴۰۵	۲۲۵	۷۵	۹۰	۳۰۰	۵۲۵	۴۳۰۲۰	

۳- به قیمت ثابت سال ۱۳۹۵.

۴- با در نظر گرفتن نسبت خطی و ملاک قرار دادن هزینه ساخت آب شیرین کن اتمی سورک.

۵- با شوری ۲۰۰ میکرومیکرومتر بر سانتیمتر.

۶- شوری ۲۰۰۰ میکرومیکرومتر بر سانتیمتر.

۷- شوری بیش از ۴۰۰۰ میکرومیکرومتر بر سانتیمتر، این مقدار آب دارای ملاحظات زیست محیطی بوده و هزینه‌های مخصوص به خود را دارد.

۸- شوری ۶۰۰۰ میکرومیکرومتر بر سانتیمتر.

۹- به غیر از هزینه‌های احتمالی زیست محیطی آب شور تولید شده و هزینه سازه‌های انتقال آب.

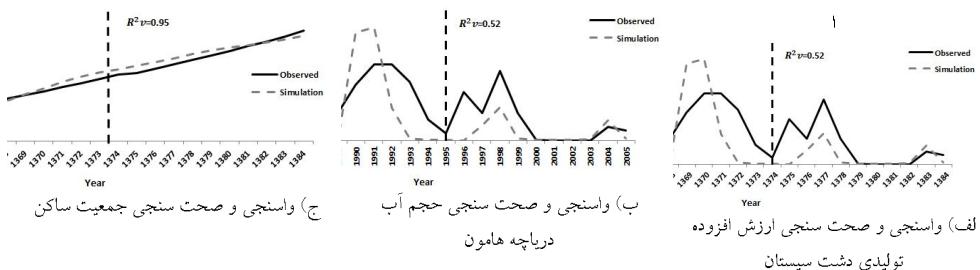
**۳-۲- فرضیات، تحلیل عملیاتی و تخمین هزینه‌های بسته‌های سیاستی رقیب**  
 بهمنظور تحلیل عملیاتی الزامات و هزینه‌های اجرای بسته‌های سیاستی رقیب بهمنظور مقایسه با بسته سیاستی راهاندازی آب شیرین کن اتمی (Policy N)، مجموعه‌ای از گزینه‌های روی میز، مطابق جدول ۲ نظر گرفته شدند. همچنین بهمنظور همسان نمودن شرایط ارزیابی و با توجه به داده‌ها و اطلاعات مشاهداتی در دسترس، فرض شد که کلیه بسته‌های سیاستی از سال ۲۰۱۰ م مورد اجرا قرار گرفته‌اند.

جدول شماره ۲: بسته‌های سیاستی رقیب و توضیحات مربوطه

نام بسته سیاستی	توضیحات
Policy0 (P0)	اجرای هیچ‌گونه سیاستی
Policy 1 (P1)	بسته سیاستی دیبلماسی مبتنی بر خرید آب از کشور افغانستان
Policy 2 (P2)	بسته سیاستی افزایش تابآوری مبتنی بر افزایش بهره‌وری اقتصادی منابع آب
Policy 3 (P3)	بسته سیاستی تلفیقی مبتنی بر تلفیق دو بسته سیاستی P1 و P2

بهمنظور فراهم آوردن امکان مقایسه هم سنگ اثر بخشی بسته سیاستی مبتنی بر راهاندازی آب شیرین کن اتمی با بسته‌های سیاستی رقیب، اثربخشی آنها بر روی سه متغیر دریاچه هامون، جمعیت ساکن و سرانه ارزش افزوده تا سال ۲۰۵۰ میلادی از طریق اعمال الزامات آنها در یک مدل شبیه‌ساز سیستمی بومی منطقه مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از توسعه و تدقیق یک مدل شبیه‌ساز سیستمی ساخته شده توسط شهبازbegian در محیط نرم‌افزار Vensim برای دشت سیستان (Shahbazbegian, 2015: 280) استفاده شد. مدل مذبور سازمان فضایی حاکم بر سه متغیر دریاچه هامون، جمعیت ساکن و سرانه ارزش افزوده در ارتباط با دو بدن آبی رودخانه سیستان و دریاچه هامون را تا سال ۲۰۵۰ میلادی شبیه‌سازی نموده است. فرآیند کالیبراسیون مدل با اتکا به داده‌های مشاهداتی شامل سه متغیر حجم آب تالاب هامون، سرانه ارزش افزوده و جمعیت ساکن در دشت سیستان، برای سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰ میلادی و صحت سنجی آن تا سال ۲۰۰۵ میلادی انجام و نتایج آن در شکل شماره ۱

قابل مشاهده می‌باشد.



شکل شماره ۱: واسنجی (۱۳۶۴-۱۳۷۴) و صحت سنجی (۱۳۸۰-۱۳۸۴) مدل شبیه‌ساز سیستمی (Shahbazbegian and Bagheri, 2015: 54)

### ۱-۳-۲- فرضیات تحلیل عملیاتی و تخمین هزینه بسته سیاستی (Policy 1)

بسته سیاستی مزبور با فرض کسب رضایت کشور افغانستان از طریق دستگاه دیپلماسی کشور، در خصوص فروش آب به ایران در نظر گرفته شده است. برای تحلیل و محاسبه مقدار و هزینه آب مورد نیاز برای خریداری از کشور افغانستان تا سال ۲۰۵۰ میلادی از مفهوم آب قابل مذکور آرائه شده توسط (Shahbazbegian et al, 2017: 186) استفاده گردید. بر این اساس، آب قابل مذکور به میزان کل آب تولید شده در کشور بالادست یک رودخانه فرامرزی (در اینجا کشور افغانستان) که متأثر از عدم قطعیت‌های هیدرولوژیک می‌باشد با احتساب کسر حقابه کشور پایین دست (در اینجا کشور ایران) و برداشت آب مورد نیاز آن کشور (در اینجا کشور افغانستان) اطلاق شده و می‌تواند از طریق فرآیند مذکور به سمت کشور پایین دست جاری شود. به عبارت دیگر آب قابل مذکور آبی اضافه بر حقابه مندرج در معاهدات آبی بین کشور بالادست و پایین دست یک حوضه آبریز بین‌المللی می‌باشد. لذا در مطالعه حاضر، جاری شدن آب قابل مذکور به سمت ایران به مقدار زیادی به توانایی دیپلماتیک کشور ایران بستگی خواهد داشت (Shahbazbegian et al, 2016: 34).

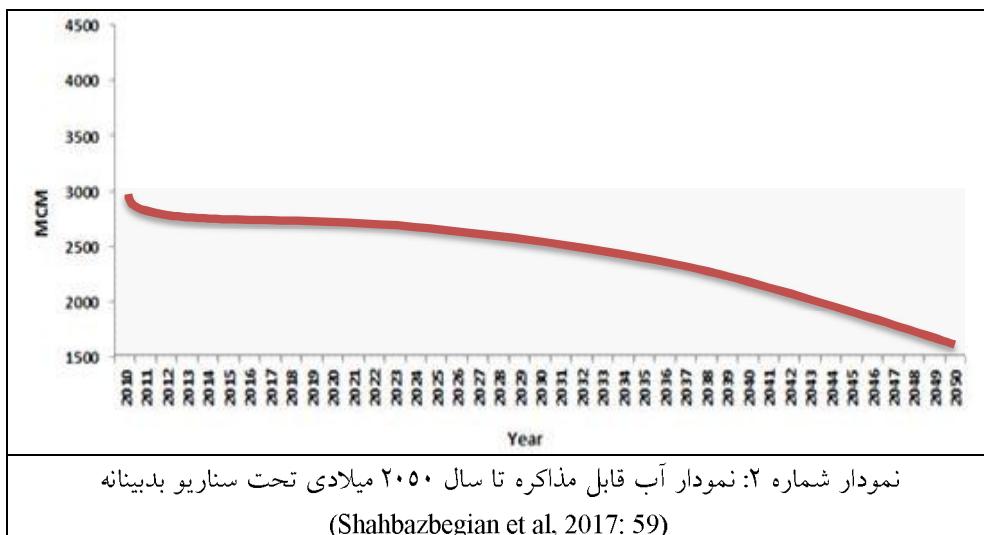
Calibration

Verification

Negotiable Water (NW)

در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های هیدرولوژیک در کنار عوامل مزبور تعیین خواهد شد که مشخصاً آن قسمت خارج از چارچوب مطالعات مقاله پیش رو است.

در این راستا طی سه سناریو مختلف بین‌المللی مبتنی بر چگونگی روند پروژه دولتسازی در کشور افغانستان، به عنوان مهمترین رویداد بین‌المللی در کشور افغانستان، در شرایط هیدرولوژیکی نرمال، مقدار آب قابل مذاکره در کشور افغانستان محاسبه شده است (Shahbazbegian et al, 2017: 189) نتایج تحقیق مزبور برای یک سناریو بدینانه از وجود آب قابل مذاکره حاکی از وجود آب قابل مذاکره تا سال ۲۰۵۰ میلادی مطابق نمودار شماره ۲ می‌باشد.



بدین ترتیب نمودار مزبور به عنوان ملاکی از وجود آب قابل مذاکره برای خرید در نظر گرفته شد. آنچه از رفتار نمودار مزبور قابل مشاهده است آن است که حجم آب قابل مذاکره طبق سناریو بدینانه تا سال ۲۰۵۰ م رفتاری کاهشی تا پایان یافتن آب قابل مذاکره خواهد داشت. این رفتار حاکی از آن است که بسته سیاستی مزبور یک بسته سیاستی پایدار نخواهد بود.

بهمنظور محاسبه هزینه خرید آب از کشور افغانستان، فرض شد که اولاً کشور افغانستان از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۵۰ میلادی حاضر به فروش صد درصد از آب قابل مذاکره خود بوده باشد و ثانیاً هر مترمکعب آب قابل مذاکره از کشور افغانستان به قیمت ۱۰۰۰۰ ریال (بدون هیچ‌گونه قضاوتی در خصوص صرفه اقتصادی آن) خریداری شود. بدین ترتیب هزینه خرید آب قابل مذاکره از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۵۰ میلادی بر اساس فرمول ۱ محاسبه شد.

$$\text{قیمت کل آب قابل خریداری تا سال ۲۰۵۰ میلادی (تومان)} \\ = \sum_{\text{سال}=2010}^{2050} 1000 \times (\text{سال})\text{مقدار آب قابل مذاکره}$$

فرمول ۱ محاسبه هزینه کل آب قابل خریداری از کشور افغانستان تحت سناریو بدینانه

### ۲-۳-۲- فرضیات، تحلیل عملیاتی و تخمین هزینه بسته سیاستی (Policy 2)

بسته سیاستی مذکور یا همان سیاست مبتنی بر تغییر ساختار اقتصادی وابسته به آب از طریق افزایش بهره‌وری اقتصادی آب در یک سقف تخصیص مشخص امکان‌پذیر می‌باشد. در این راستا یک نمودار ارائه طریق از مختصات فنی مورد نیاز شامل دو متغیر بهره‌وری اقتصادی منابع آب مصرفی و سقف تخصیص آن برای سطوح مختلف آسیب‌پذیری ارائه شده است (Shahbazbegian and Bagheri, 2015: 54).

بر اساس نمودار مذکور، مختصات فنی مورد نیاز برای یک سطح معقول از تابآوری، مستلزم تغییر بهره‌روی اقتصادی منابع آب مصرفی از ۵۵۰ تومان به ازای هر مترمکعب به ۲۰۰۰ تومان به ازای هر مترمکعب و تغییر سقف تخصیص منابع آب از ۸۲۰ میلیون مترمکعب در سال به ۶۰۰ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد (Ibid).

برای تحلیل عملیاتی و تخمین هزینه اجرا نمودن مختصات فنی مذکور فرض شد که افزایش بهره‌وری اقتصادی از طریق جایگزینی فعالیت تجاری با فعالیت کشاورزی صورت پذیرد. بدین منظور فرض شد که کل سقف آب قابل برنامه‌ریزی، به جای مصرف در بخش کشاورزی، مورد استفاده واحدهایی تجاری فرضی با مختصات جدول شماره ۳ قرار گیرد. بدین ترتیب کل

هزینه این جایگزینی طبق فرضیات و ریز محااسبات جدول ۳، به عنوان هزینه اجرای سیاست مذبور در نظر گرفته شد.

جدول شماره ۳. محاسبات الزامات و هزینه‌های اجرای بسته سیاستی مبتنی بر افزایش تابآوری

مختصات	قیمت	سود	صرف آب	سقف	تعداد	هزینه اجرای	فني	ساخت و	خلاص	در سال	اقتصادی	تخصیص	واحد	سیاست تا		
میلادی	(میلیون تومن)	(سال)	(سال)	(سال)	(سال)	(سال)	۲۰۵۰	تومان در	تومان در	در سال	آب سالانه	منابع آب	تجاری	سال ۲۰۵۰		
میلادی	(میلیون تومن)	(سال)	(سال)	(سال)	(سال)	(سال)	۲۰۵۰	تومان در	تومان در	در سال	میلیون	صرفی	یک واحد	راهنمازی سالانه		
میلادی	(میلیون تومن)	(سال)	(سال)	(سال)	(سال)	(سال)	۲۰۵۰	تومان در	تومان در	در سال	میلیون	ترمکعب	آب سالانه	تجاری		
میلادی	(میلیون تومن)	(سال)	(سال)	(سال)	(سال)	(سال)	۲۰۵۰	تومان در	تومان در	در سال	میلادی(میلیارد تومان)	منابع آب	اقتصادی	ساخت تا		
توضیحات	بر اساس ضرب ستون ۶	با فرض	بر اساس	تقسیم	(شهریگیان	تقطیع	ستون ۶	نظر	سود	۲۰	ستون ۵	در ستون ۱	و باقی،	ستون ۲	بر اساس	
مقدار	۲۰۰	۴۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۶۲۰۰	۳۱۰۰	۶۲۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰	۶۲۰۰	۳۱۰۰	۶۲۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰

### ۲-۳-۲- فرضیات، تحلیل عملیاتی و تخمین هزینه بسته سیاستی (Policy 3)

برای تحلیل عملیاتی این بسته سیاستی، فرض شد که نیروگاه اتمی با ظرفیت ۱۰۰۰ مگاوات، یعنی ۴۰۰ کمتر از حداقل ظرفیت مندرج در جدول ۱، در نظر گرفته شود. همچنین، بهره‌وری اقتصادی منابع آب، به عنوان یکی از الزامات بسته سیاستی Policy 2 به ۱۲۰۰ تومان به ازای هر ترمکعب، یعنی ۸۰۰ تومان کمتر از مقدار مندرج در جدول ۳ تقلیل یافت. بدین ترتیب کلیه محاسبات مربوطه به طریق مشابه انجام شد.

### ۳- نتایج و بحث

نتایج به دست آمده برای الزامات و هزینه‌های اجرای بسته سیاستی مبتنی بر راهاندازی آب شیرین کن اتمی و بسته‌های سیاستی رقیب از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۵۰ میلادی در جدول ۴ آورده شده‌اند.

جدول شماره ۴: الزامات فنی و هزینه اجرای کلیه بسته‌های سیاستی در کنار بسته سیاستی مبتنی بر راهاندازی آب شیرین کن اتمی

متغیرهای سیاست‌گذاری					
Policy N	Policy3	Policy2	Policy1	Policy0	
۵۵۰	۱,۲۰۰	۲,۰۰۰	۵۵۰	۵۵۰	بهره‌وری اقتصادی منابع آب مصرفی (تومان به ازای هر مترمکعب)
۱۰۰۰	۹۰۰	۶۲۰	۱,۲۰۰	۸۲۰	متوسط سقف تخصیص آب مورد نیاز (میلیون مترمکعب در سال)
۱۴۰۰	۱,۰۰۰	۰	۰	۰	ظرفیت نیروگاه اتمی مورد نیاز (مگاوات)
۰	۰	۰	۶۳,۰۰۰	۰	کل آب خریداری شده از کشور افغانستان تا سال ۲۰۵۰ م (میلیون مترمکعب)
۴۳,۰۰۰	۳۳,۰۰۰	۶۶,۲۰۰	۶۳,۰۰۰	۰	هزینه تقریبی اجرای بسته سیاستی <sup>۱۳</sup> (میلیارد تومان)

بر اساس موارد ذکر شده در جدول شماره ۴:

- بهره‌وری اقتصادی منابع آب مصرفی یا همان تولید ارزش افروده به ازای هر مترمکعب از آب برداشتی از رودخانه سیستان، بر اساس موارد مشاهداتی و نتایج شبیه‌سازی ارائه شدند. بر این اساس برای سیاست‌های ۰ Policy و ۱ Policy و Policy N که تغییری در ساختار اقتصادی و به تبع آن بهره‌وری اقتصادی منابع آب مصرفی ایجاد نمی‌نمایند مقدار مشاهداتی

و برای دو سیاست دیگر که مبتنی بر تغییر ساختار اقتصادی و افزایش بهرهوری اقتصادی منابع آب مصرفی میباشند مقدار محاسباتی و شبیهسازی شده ارائه شده‌اند.

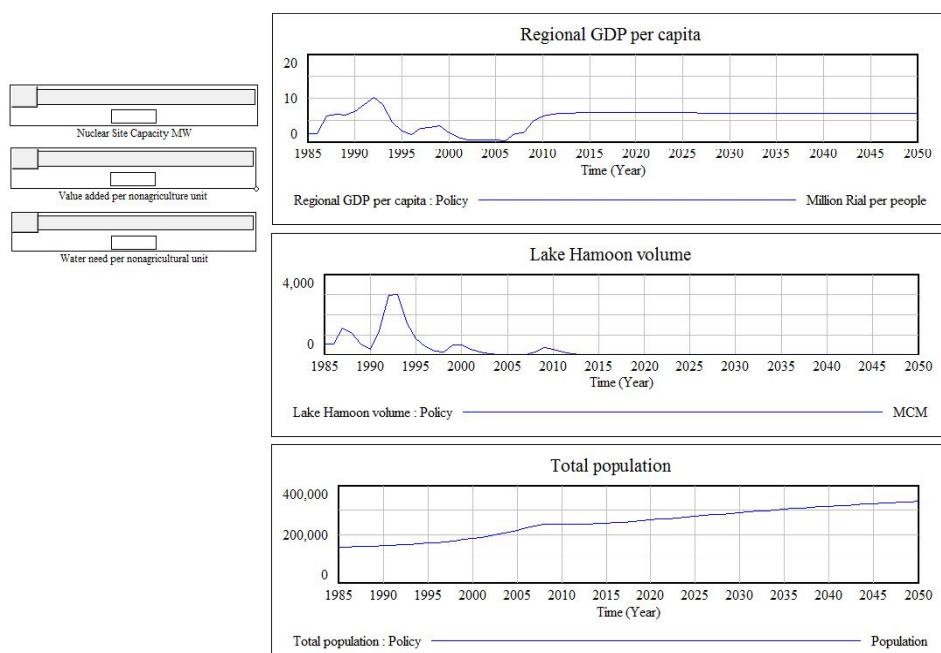
• متوسط سقف تخصیص آب مورد نیاز برای سیاست Policy 0 مقدار حقابه ایران از کشور افغانستان و برای بقیه سیاست‌ها بر اساس مقدار به دست آمده از مدل شبیه‌ساز و زیر مدل تخصیص آب محاسبه شده است.

• ظرفیت نیروگاه اتمی بر اساس مقادیر محاسبه شده در جدول ۱ و برای سیاست‌های Policy 3 و N ۳ ارائه شده‌اند.

• کل آب خریداری شده از کشور افغانستان تا سال ۲۰۵۰ میلادی بر اساس فرمول ۱ و نمودار شکل ۵ محاسبه شده است. بدین ترتیب مقادیر نمودار شکل ۵ تا سال ۲۰۵۰ میلادی در عدد ۱۰۰۰ ضرب و با یکدیگر جمع شده‌اند.

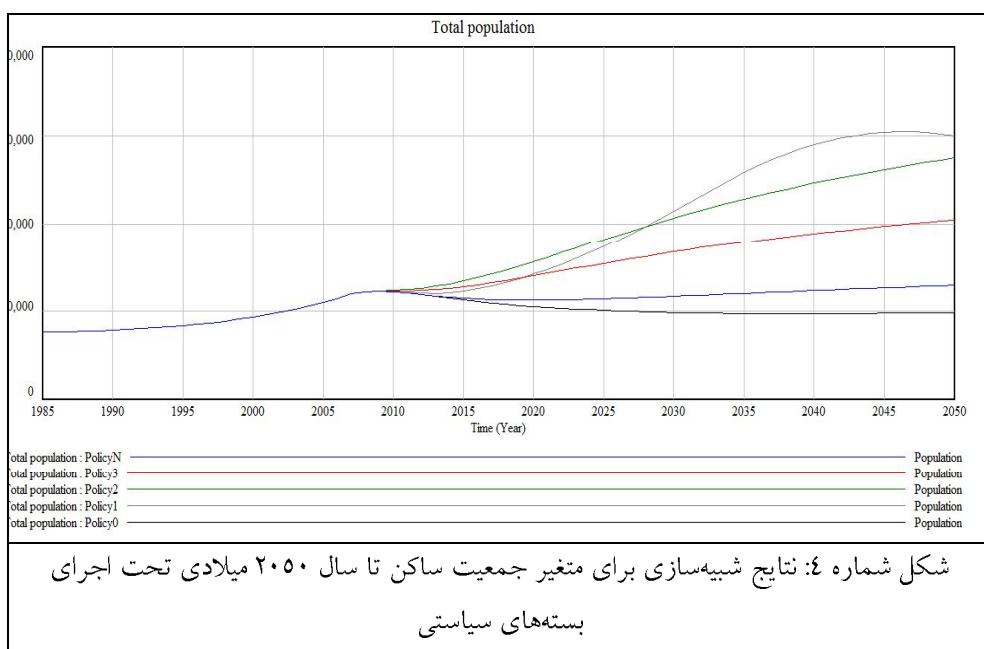
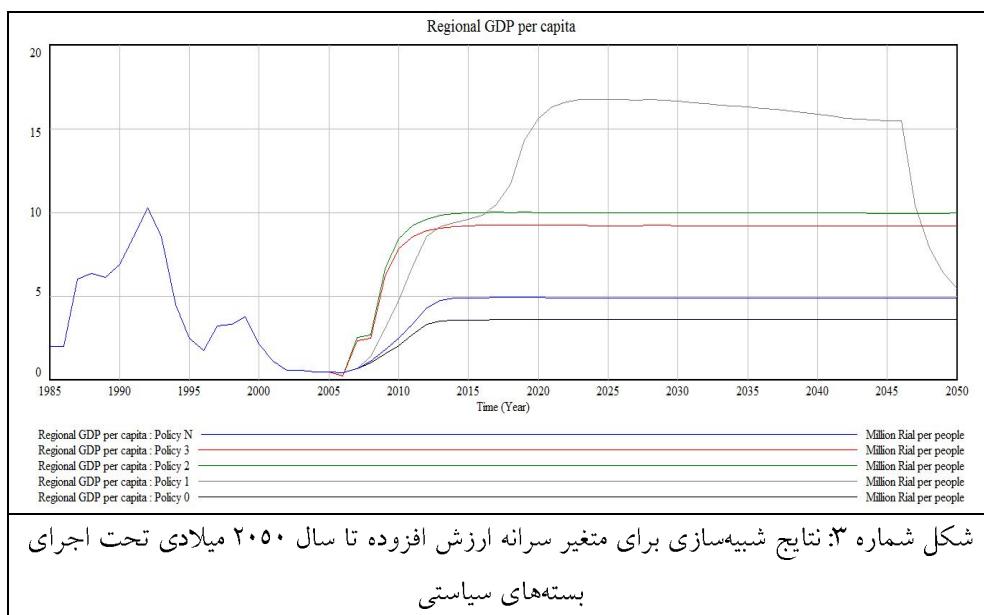
• هزینه تقریبی برای اجرای سیاست‌ها نیز بر اساس موارد ذکر شده در قسمت‌های قبل محاسبه شده‌اند.

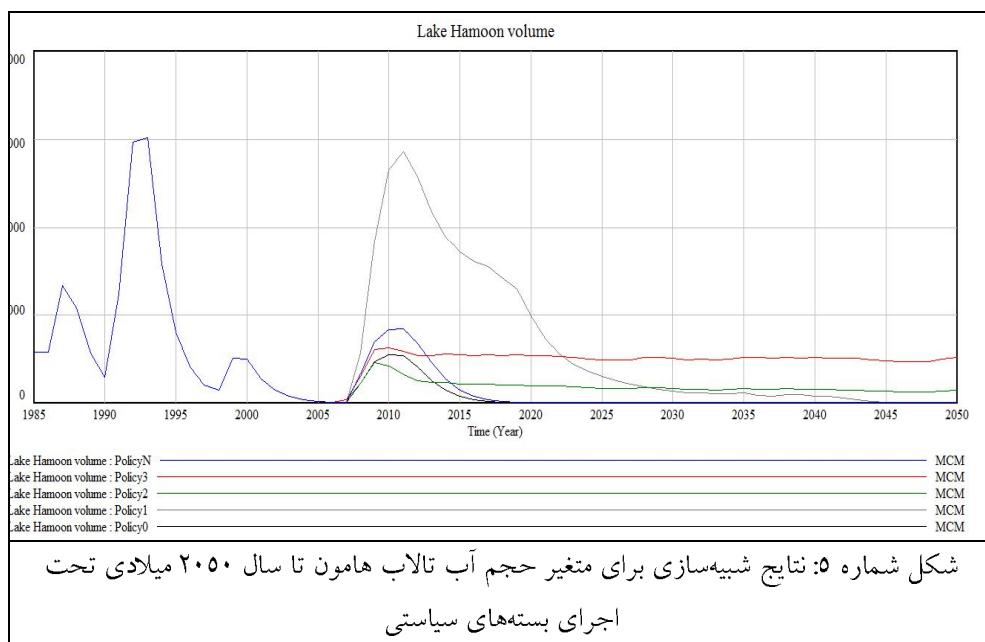
بر اساس الزامات جدول ۴، یک داشبورد مدیریتی پشتیبان تصمیم بر اساس اهداف سیاست‌گذاری تحقیق پیش‌رو طراحی و در محیط نرم‌افزار ونسیم ترسیم گردید (شکل شماره ۲). بدین ترتیب با تغییر مقادیر سه متغیر کلیدی سیاست‌گذاری شامل ظرفیت نیروگاه آب شیرین‌کن اتمی، مقدار کل آب مصرفی واحدهای غیر کشاورزی و ارزش افروده تولیدی سالانه آن واحدها، به عنوان پارامترهای سیاست‌گذاری، اثر بخشی بسته‌های سیاستی مزبور بر روی سه متغیر حجم آب دریاچه هامون، سرانه ارزش افروده و جمعیت ساکن دشت سیستان تا سال ۲۰۵۰ میلادی رصد خواهند شد.



شکل شماره ۲: داشبورد مدیریتی پشتیبان تصمیم مدل شبیه‌ساز سیستمی دشت سیستان

پس از اجرای مدل شبیه‌ساز مزبور تحت کلیه بسته‌های سیاستی و الزامات آنها، مقادیر سه متغیر حجم آب دریاچه هامون، جمعیت ساکن و سرانه ارزش افزوده در دشت سیستان تا سال ۲۰۵۰ میلادی در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ ترسیم شدند.





نتایج به دست آمده حاکی از آن هستند که:

- بسته سیاستی مبتنی بر استفاده از فناوری هسته‌ای بسیار کم‌هزینه‌تر از بسته سیاستی مبتنی بر مذاکره است.
- بسته سیاستی مبتنی بر فناوری هسته‌ای بسیار پر‌هزینه‌تر از بسته سیاستی مبتنی بر افزایش تاب‌آوری است.
- بسته سیاستی مبتنی بر افزایش تاب‌آوری کم‌هزینه‌ترین بسته سیاستی و بسته سیاستی مبتنی بر مذاکره پر‌هزینه‌ترین بسته سیاستی می‌باشد.
- بسته سیاستی مبتنی بر افزایش تاب‌آوری به‌دلیل نگه داشتن حجم آب تالاب هامون در یک سطح ثابت پایدارتر از بسته سیاستی مبتنی بر فناوری هسته‌ای که خود پایدارتر از بسته سیاستی مبتنی بر مذاکره است می‌باشد.
- بسته سیاستی فناوری هسته‌ای، به‌دلیل ارتباط دریای عمان با اقیانوس هند هزینه زیست محیطی چندان زیادی نخواهد داشت.

- بسته سیاستی مبتنی بر انرژی هسته‌ای ناتوانترین بسته سیاستی در احیای دریاچه هامون است.
- بسته سیاستی تلفیقی مبتنی بر استفاده از انرژی اتمی و افزایش تابآوری دشت سیستان بهترین بسته سیاستی به لحاظ ایجاد وضعیت پایدار در سه متغیر حجم آب تالاب هامون، سرانه ارزش افزوده و جمعیت ساکن در دشت سیستان در بلند مدت خواهد بود.

#### ۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در راستای کاهش وابستگی دشت سیستان به کاهش منابع آب ورودی به آن، بسته سیاستی مبتنی بر استفاده از انرژی اتمی برای شیرین‌سازی آب دریای عمان و انتقال آن به دشت سیستان از پنج نقطه‌نظر ظرفیت نیروگاه اتمی مورد نیاز، کیفیت آب مورد انتظار، فاصله تا دشت سیستان به عنوان مقدار نظر برای انتقال آب، هزینه در دسترس بودن منابع انرژی برای انتقال آب و ملاحظات زیست محیطی مورد واکاوی قرار گرفت. بدین ترتیب بر اساس پنج ظرفیت نیروگاه اتمی، پنج مقدار از حجم آب شیرین تولیدی در سال با کیفیت مورد انتظار، هزینه احداث آب شیرین کن اتمی و هزینه انتقال آب آن به دشت سیستان ارائه شد. در ادامه برای ارزیابی کارایی بسته سیاستی مزبور، این بسته سیاستی با بسته‌های سیاستی رقیب شامل خرید آب از کشور افغانستان، افزایش تابآوری و تلفیق دو بسته سیاستی مزبور و نیز ادامه وضعیت موجود تا سال ۲۰۵۰ میلادی از دو نقطه‌نظر الزامات اجرا و میزان اثربخشی مورد مقایسه قرار گرفتند. لذا با در نظر گرفتن فرایانی ساده‌کننده برای دیگر بسته‌های سیاستی، هزینه و الزامات اجرای آنها مشخص گردید سپس برای ارزیابی اثربخشی آنها بر روی سه متغیر جمعیت ساکن، حجم آب دریاچه هامون و سرانه ارزش افزوده تولیدی در دشت سیستان تا سال ۲۰۵۰ میلادی، از توسعه و تدقیق یک مدل شبیه‌ساز سیستمی بومی منطقه استفاده شد. نتایج حاکی از آن بود که بسته سیاستی راهاندازی آب شیرین کن اتمی، تنها به صورت تلفیقی با بسته سیاستی مبتنی بر افزایش تابآوری، یعنی افزایش بهره‌وری منابع آب مصرفی از طریق تغییر الگوی امرار معاش در منطقه، به عنوان یک بسته سیاستی پایدار متمرث مر خواهد بود.

## ۵- پیشنهادات

بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیق مزبور نویسنده‌گان قویاً تو صیه می‌نمایند که استفاده از سیاست آب شیرین کن اتمی تنها و تنها در صورت تغییر ساختار اقتصادی-اجتماعی وابسته به منابع آب مصرفی کارا خواهد بود. برای این منظور سیاست‌گذاران، قبل از احداث آب شیرین کن اتمی ابتدا باید تمهیداتی برای کاهش وابستگی دشت سیستان به بخش‌های پرصرف آب بیاندیشند که تعیین مختصات سیاستی آن تمهیدات تنها و تنها از مسیر انجام مطالعات آمایش سرزمین آب محور ممکن خواهد بود. در این راستا مقاله پیش‌رو می‌تواند در راستای ریل‌گذاری برای حرکت در مسیر آمایش سرزمین آب محور کارا باشد.

## ۶- قدردانی

از آنجا که ایده اولیه تهیه مقاله مزبور بر اساس مقاله ارائه شده توسط نگارندگان در اولین همایش فراوری پتانسیل‌های ژئوپلیتیکی توسعه در کرانه‌های اقیانوسی جنوب شرق ایران به سفارش قطب علمی جغرافیای سیاسی شکل گرفته است، لذا نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای دکتر حافظنژاد دیر علمی همایش مزبور بهدلیل ایجاد انگیزه برای تحقیق و تکمیل ایده مزبور در قالب یک مقاله علمی-پژوهشی کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند.

## References

- 1.Beek, Eelco., Bozorgy, Babak., Vekerdy, Zoltan. and Meijer, Karen. (2008). Limits to agricultural growth in the Sistan Closed Inland Delta, Iran». Irrigation and Drainage Systems 22(2), 131-143.
- 2.Beikmohammadi Hasan ., Nuri Hedayatolah. (2007). Drought in 1377-83 on the rural economy of Sistan and the ways to deal with it. Geography and Development Magazine, 1: 53-62.
- 3.Bezi, K (2008) Look at the environmental and socio-economic effects of the cyclical crises of water in Sistan, First International Conference on Water Crisis, Zabol [in Persian].
- 4.Bouyeh C, Sharifi M (2010) Transit and geopolitical position of Sistan and Baluchestan province and new economic strategy Persian Gulf states, Fourth International Congress of the Islamic World Geographers, Tehran[in Persian].
- 5.Dolatyar, M., and Gray. T. (1999) Water Politics in the Middle East: A Context for Conflict or Cooperation?. Palgrave Macmillan Publisher. London.
- 6.Ebrahimzadeh A (2001) Rural migration; Causes and consequences; Case study the Sistan and Balouchesta province. Quarterly of geographical researschs, 16-79[in Persian].
- 7.Economic report of Water development. (2011). Economic Report of the National Water Resources Project of the Eastern Basin of the country Studies of the comprehensive water resources of the country's eastern basins. Iran Water Comprehensive Plan: Ministry of Energy.
- 8.Elhance, Arun P. (1999) Hydropolitics in the Third World: Conflict and Cooperation in International River Basins. Washington, D.C. U.S. Institute of Peace.
- 9.Esmaeilzadeh, Zeinolabedin. (2016). Iran needs nuclear power plant to escape the catastrophe. Last seen 06/06/1395. www.mashreghnews.ir[in Persian].
- 10.Ezatabadi, Mohammad., Jamshah Safi Amanolah. (2007). The economics of using desalination plants in pistachio areas. Ministry of Agriculture. Agricultural Research and Education Agricultural Research Institute of Pistachio Country. 37 pages.
- 11.Hafeznia, M.R, Mojtabahedzadeh, P. Alizadeh, J. (2006). Hirmand hydropolitics and its effects on Iran and Afghanistan political relations. Quarterly of Modares. 10(2). 1-32 [in Persian].
- 12.Hafeznia, M.R. (2013) Speech in Conference with the title of “ Geopolitical development of south east of Iran”. Sistan Baluchestan Province. Iran. سخنرانی دکتر حافظ نیادر- همایش توسعه ناحیه زئوپلیتیک جنوب شرق ایران. Last seen 2018/01/01. [in Persian].
- 13.IEA, (2012). Water Desalination Using Renewable Energy. IRENA. Technical report. European Union. 28 Number.International Energy Agency (IEA).

- [https://www.iea.org/Textbase/npsum/WEO2015SUM.pdf.](https://www.iea.org/Textbase/npsum/WEO2015SUM.pdf)
- 14.IEA, (2016), World Energy Outlook 2005, Middle East and North Africa Insights.
- 15.Iran Water Planning. (2011). Studies of the comprehensive water resources of the country's eastern basins. Studies of the comprehensive water resources of the country's eastern basins. Iran Water Comprehensive Plan: Ministry of Energy. ISBN 978-975-561-311-6.  
[http://wrri.nmsu.edu/conf/conf1/2008\\_adira\\_handbook](http://wrri.nmsu.edu/conf/conf1/2008_adira_handbook).
- 16.Kwadijk, J. and Diermanse, F. (2006) Integrated water resources management for the Sistan closed inland delta, Iran: Forecasting the flow from Afghanistan, Water Research Institute hydraulics, WL Delft.
- 17.Masoumi, Mojtaba., Khanjani Mohammadjavad. (2011). Desalination of seawater using atomic thermal energy. National Conference on the Modification of Production and Consumption Patterns. October 2011. Kerman Higher Education Institution. Kerman [in Persian].
- 18.Mokhtari D, Saleh A (2007) Analysis of economic and social aspects of drought and its impact on rural households in the Sistan region, Sixth Conference of Agricultural Economics, Tehran [in Persian].
- 19.Shahbazbaghian, Mohamadmreza, Bagheri Ali. (2015). System Analysis of Sistan Dam Damage to Water Resources Reduction with a Reboundary Approach. Iranian Water Resources Research Journal. 12 (1) 40-55[in Persian].
- 20.Shahbazbaghian, Mohammadreza. (2015). Analyzing mechanisms governing hydro-political situation in international watershed levels - application in Iran eastern international watersheds. Ph.D. Thesis. Tarbiat Modares University. 335 pages[in Persian].
- 21.Shahbazbegian, Mohammadreza, Turton, Anthony. and Mousavi Shafaiee, Masoud. (2016). Hydrpolitical Self-Organization theory; System dynamics to analyze Helmand transboundary river. Water policy. Formal Journal of World Water Council. IWA Publishing.18 (1) 1-31. OI: 10.2166/wp.2016.204[in Persian].
- 22.Wolf, A.T. (1999) Criteria for equitable allocations: the heart of international water conflict. Natural Resources Forum 23(1), 3-30.
- 23.World Nuclear Association. (2016). <http://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/industry/nuclear-desalination.aspx>. Last seen 11 September 2016.