

«اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساملی»

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گره

مهندسی آب

۱۷ الی ۱۸ آذر ۱۳۸۹

## افزایش بهره وری منابع آب اراضی ساحلی با احداث سدهای لاستیکی ( مطالعه موردی بر روی سدهای لاستیکی نوار ساحلی دریای خزر )

محمدتقی علیزاده

مدیرعامل شرکت مهندسی مشاور خزرآب ، [dana81334@yahoo.com](mailto:dana81334@yahoo.com)

افراسیاب میرزایی

مدیر طرحهای آبیاری و زهکشی شرکت آب منطقه ای گلستان ، [Afmirzaei@gmail.com](mailto:Afmirzaei@gmail.com)

محمد رضا بابا تبار

عضو هیأت علمی دانشکده عمران دانشگاه آزاد واحد آیت الله امینی ، [babatabarm@yahoo.com](mailto:babatabarm@yahoo.com)

عاطفه عرب لاریمی

کارشناس منابع آب شرکت مهندسی مشاور خزرآب ، [Arablarimi60@yahoo.com](mailto:Arablarimi60@yahoo.com)

### چکیده

بطور کلی بخش اعظم آب سطحی حاصل از بارندگی در سطح دشت از طریق رودخانه ها بدون استفاده به دریا می ریزد. وجود مخازن ذخیره آب در میانه دشت و کنترل آبهای اضافی حوزه و همچنین روان آبهای سطحی دشت و آبهای برگشتی به منظور استفاده کشاورزی در اراضی پایین دست از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. شیب بسیار کم اراضی ساحلی موجب شده که تغییرات دوره ای و فصلی سطح آب و همچنین جزر و مد آب دریا خطر ورود آب شور را به این اراضی فراهم نماید. با بررسی های انجام شده سیستمی که بتواند ضمن جمع آوری آب در بستر باریک رودخانه ها و تقویت سفره سطحی آب زیرزمینی از ورود آب شور دریا جلوگیری نموده و هیچگونه رسوبی نیز در آن جمع نگردد، احداث سدهای لاستیکی خواهد بود. در این تحقیق با تهیه مدل برنامه ریزی منابع آب برای رودخانه های منتهی به دریا در نوار ساحلی دریای خزر ، میزان آب تنظیمی در شرایط با و بدون مخزن سد لاستیکی بر اساس میزان آبدهی رودخانه و منحنی سطح- حجم - ارتفاع سدلاستیکی برآورد و میزان افزایش بهره وری منابع آب بطور کمی مورد مطالعه قرار گرفته است . براساس نتایج این مطالعات در برخی از رودخانه های نوار ساحلی دریای خزر با احداث چند سد لاستیکی متوالی می توان از منابع آب موجود حداکثر بهره وری را به عمل آورد .

واژه های کلیدی : سد لاستیکی ، منابع آب ، اراضی ساحلی ، تداخل آب شور و شیرین ، مدل برنامه ریزی

## 1- مقدمه

رودخانه‌های استان مازندران به دلیل قرارگیری شهرها و بخشها و مراکز عمده جمعیتی استان در کنار آنها مانند شهرهای نکا، ساری، بابل، آمل، قائمشهر و ... یکی از المانهای تاثیرگذار در جنبه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و حتی سیاسی این استان بوده‌اند. از طرف دیگر دائمی بودن این رودخانه‌ها و شرایط اقلیمی این منطقه ارتباط بین رودخانه‌ها و مراکز جمعیتی کنار آنها را گسترش زیادی داده است، بطوریکه این رودخانه‌ها منشا بسیاری از فعالیتهای اقتصادی منطقه بوده که عمدتاً بر اساس ساز و کارهای سنتی بنا شده‌اند.

علی‌رغم اینکه در منطقه شمالی ایران میزان بارش نسبت به دیگر نقاط کشور از وضع مناسب تری برخوردار است، اما به دلیل پراکنش بارش در فصول مختلف، مشکل تامین آب زراعی در زمان نیاز آبی از مسائل عمده استان‌های شمالی کشور به حساب می‌آید. از طرفی به دلیل پایین افتادن سطح آب رودخانه‌ها در فصول کم‌آبی (زراعی) نسبت به رقوم آب دریای خزر، باعث برگشت آب دریا به داخل رودخانه‌ها و تداخل آن با آب شیرین می‌گردد. بنابراین کشاورزان حتی قادر به استفاده از دبی پایه رودخانه در فصل نیاز آبی گیاهان نبوده و این خود مزید بر مشکلات کم‌آبی در منطقه می‌باشد. همچنین به دلیل شیب کم رودخانه‌ها در سواحل دریا، بالا بودن دبی سیلابی و سطح مقطع محدود و ناکافی رودخانه‌ها در نقاط پست ساحلی، احداث سازه‌های صلب برای بالا آوردن سطح تراز آب، جلوگیری از تداخل آب شور و شیرین نیز میسر نمی‌باشد. لذا در فصول پر آبی موانعی از قبیل بندهای انحرافی صلب در مسیر رودخانه موجب غرقاب شدن اراضی کشاورزی و حتی سیل‌گرفتنی مناطق مسکونی در محدوده دریاچه بند می‌گردد تا آنجا که انتظار می‌رود در شرایط حاد تغییر مسیر رودخانه نیز اتفاق افتد. با توجه به مشکلات اقلیمی، مسائل فنی، طبیعی و اجتماعی چنین به نظر می‌رسد که سدهای لاستیکی مناسب ترین نوع سازه‌هایی باشند، که در منتهی‌الیه دشت نوار ساحلی علاوه بر ایجاد یک غشای ناتراوا جهت جلوگیری از تداخل آب شور و شیرین، آبهای برگشتی و روانابهای ناشی از بارندگی را نیز ذخیره و جهت مصارف کشاورزی و ... تنظیم نمایند.

ایده استفاده از سدهای لاستیکی اولین بار در سال 1950 توسط ایمبرسون مطرح شد. در سال 1965 اولین سد لاستیکی بادی در ژاپن برای ذخیره سازی آب به بهره برداری رسید. هم‌اکنون بیش از 100 سد لاستیکی در آمریکای شمالی، بیش از 1000 سد لاستیکی در ژاپن و خاور دور، و بیش از 4000 سد لاستیکی در چین در دست بهره برداری است.

سدهای لاستیکی در زمره سدهای کوتاه قرار داشته و به عنوان سدهای انحرافی، به منظور کنترل سیلاب، کنترل جذر و مد و همچنین برای افزایش ارتفاع سرریز در سرریزهای بتنی و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. ابوالفضل شمسایی و همکاران در سال 1383 به بررسی تعیین ضریب جریان در سدهای لاستیکی پرداخته‌اند. مدل فیزیکی سد لاستیکی از نوع پر شده با هوا ساخته شده و تاثیر پارامترهای موثر بر این ضریب مورد آزمایش قرار گرفته است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که ضریب جریان در سدهای لاستیکی متاثر از ارتفاع تیغه آب روی تاج سرریز به ارتفاع سد می‌باشد.

حسین پور کاشانی و همکاران در سال 1384 مدل ریاضی سد لاستیکی را در محیط نرم افزار تحلیل سازه SAP2000 به صورت سه بعدی و به روش المان محدود ارائه کرده‌اند.

در چهار دهه اخیر، بسته‌های نرم‌افزاری بسیاری در جنبه‌های مختلف شبیه‌سازی منابع آب به بازار ارائه شده است. شاید بتوان گروه مهندسين ارتش را که در سال 1802 تاسیس و در سال 1850 مسئولیت برنامه ریزی منابع آب آمریکا را عهده دار شد، از پیشگامان مدل‌های (USACE) آمریکا شبیه‌سازی در صنعت آب دانست. این گروه نخستین مدل شبیه‌سازی خود را در سال 1953 برای مطالعات شش سد بر روی رودخانه میسوری توسعه داد. از دیگر مدل‌های اولیه شبیه‌سازی میتوان به مدل‌هایی که برای سیستم‌های چند-مخزنی چند-منظوره رودخانه‌های نیل و لی تهیه شده اشاره کرد. باید توجه داشت که تصویری که از سیستم واقعی با پیچیدگی‌های خاص خود در مدل ارائه می‌شود، تا حدودی به دریافت برنامه‌ریز از پارامترهای مهمی که باید بر اساس طرح مسئله شبیه‌سازی شوند، بستگی دارد. بدین لحاظ، مدل‌سازی هنری است که به توانایی‌های

مدلساز و دانسته‌های او از اهداف، خواسته‌ها و داده‌های مورد نیاز وابسته است. تا کنون مدل‌های بسیاری برای شبیه‌سازی سیستم‌های آبی در جهان توسعه یافته است. بسیاری از آنها برای پاسخگویی نیازهای یک حوضه یا سیستم خاص طراحی شده و بسیاری از آنها نیز دارای کاربردهای عمومی هستند. نرم افزار **WEAP**<sup>1</sup> ابزاری برای برنامه‌ریزی جامع منابع آب است که چارچوبی جامع، انعطاف‌پذیر و کاربردوست برای تحلیل سیاست فراهم می‌کند.

الگوریتم تخصیص در **WEAP** بر اساس اولویت تأمین و اولویت تخصیص عمل می‌کند اولویت‌های تأمین در طول یک دوره کم‌آبی باعث می‌شود نیازهای بحرانی تأمین و کم‌آبی به طور یکسان بین سایر نیازها با اولویت یکسان تقسیم شود از طرفی در تأمین نیاز از منابع مختلف، اولویت‌های تخصیص ترتیب برداشت از منابع مختلف را مشخص می‌کند. در **WEAP** انتقال آب بر اساس تأمین نیازها با در نظر گرفتن اولویت نیازها و برتری منابع موجود آب، برقراری رابطه تعادل و سایر فیلد صورت می‌گیرد. این نرم افزار از یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای بهینه‌سازی برآورده کردن نیازها انجام در هر گام زمانی استفاده می‌کند. به عبارت دیگر این نرم افزار محاسبات تأمین نیاز را با بهینه‌سازی تک‌زمانه<sup>2</sup> روابط بیلان آبی اساسی‌ترین معادله‌ای است که **WEAP** در محاسبات خود در نظر می‌گیرد.

موسسه علمی محیطی استکهلم<sup>3</sup> پشتیبانی‌های اولیه را برای توسعه **WEAP** انجام داد. مرکز مهندسی هیدرولوژیکی مهندسان ارتش آمریکا نیز سرمایه‌گذاری شایان توجهی برای توسعه آن داده است. چندین آژانس بین‌المللی شامل بانک جهانی<sup>4</sup>، آژانس امریکایی توسعه‌های بین‌المللی<sup>5</sup> و صندوق زیرسازای جهانی کشور ژاپن<sup>6</sup>، پروژه‌های حمایتی از **WEAP** ارائه داده‌اند. در کشورهای زیادی مثل آمریکا، مکزیک، برزیل، آلمان، افریقای جنوبی، آسیای مرکزی و هندوستان از **WEAP** برای ارزیابی پروژه‌های آبی استفاده شده است. جهت بررسی یکی از سیستم‌های چند مخزنی در سطح جهان از پروژه دشت مرکزی کالیفرنیا، که به دلیل پیچیدگی و نیز چندمنظوره بودن از اهمیت خاصی برخوردار است استفاده شده است. این تحقیق نیز یک سیستم چندمخزنی می‌باشد که از مدل **WEAP** استفاده شده است.

در ایران در سال‌های اخیر از این مدل برای شبیه‌سازی یکپارچه سیستم تأمین آب شهر تهران و تدوین منحنی فرمان بصورت چند سدی استفاده شده است.

سعیدی نیا و همکاران (1387) با انجام مدل سازی ماهانه منابع آب با استفاده از مدل **WEAP**، اثرات طرح‌های انتقال آب بین حوزه‌ای کارون شامل تونل‌های 1 و 2 کوهرنگ (در دست بهره برداری)، تونل 3 کوهرنگ (در دست اجرا) و تونل بهشت آباد (در دست مطالعه) بر وضعیت منابع آب سطحی حوزه‌های بهشت آباد و کوهرنگ را بررسی کرده‌اند.

حافظ‌پرست مودت و همکاران (1387) برنامه‌ریزی منابع آب دشت تاکستان در داخل دشت قزوین را با مدل‌های **LINGO** و **WEAP** انجام داده‌اند. در این تحقیق وضعیت این منطقه به لحاظ سناریوهای مختلف تخصیص آب از منابع سطحی و زیرزمینی به مصارف موجود قبل از احداث سد (شرایط فعلی) و بعد از احداث سد (شرایط آتی) مورد بررسی قرار گرفته است.

## 2- تکنولوژی سدهای لاستیکی

در مواقع مورد نیاز مخزن آب محفظه سد لاستیکی (بدنه سد) پر از هوا و یا آب شده و با ایجاد مخزن مناسب ذخیره آب انجام می‌گیرد و در مواقع عدم نیاز با تخلیه محفظه، در اثر سیلاب مصنوعی ایجاد شده، رسوبات نهشته شده نیز تخلیه می‌گردد.

برای طراحی احداث سد لاستیکی همانند سایر سدها نیاز به مطالعات پایه و تخصصی می‌باشد. روند طراحی سدهای لاستیکی شامل نقشه برداری، ژئوتکنیک، مطالعات پایه و تخصصی، محاسبات هیدرولیکی و سازه‌ای و طراحی سد لاستیکی می‌باشد. در

<sup>1</sup> - Water Evaluation And Programming

<sup>2</sup> - Single Period Optimization

<sup>3</sup> - Stockholm Environment Institute

<sup>4</sup> - World Bank

<sup>5</sup> - USAID

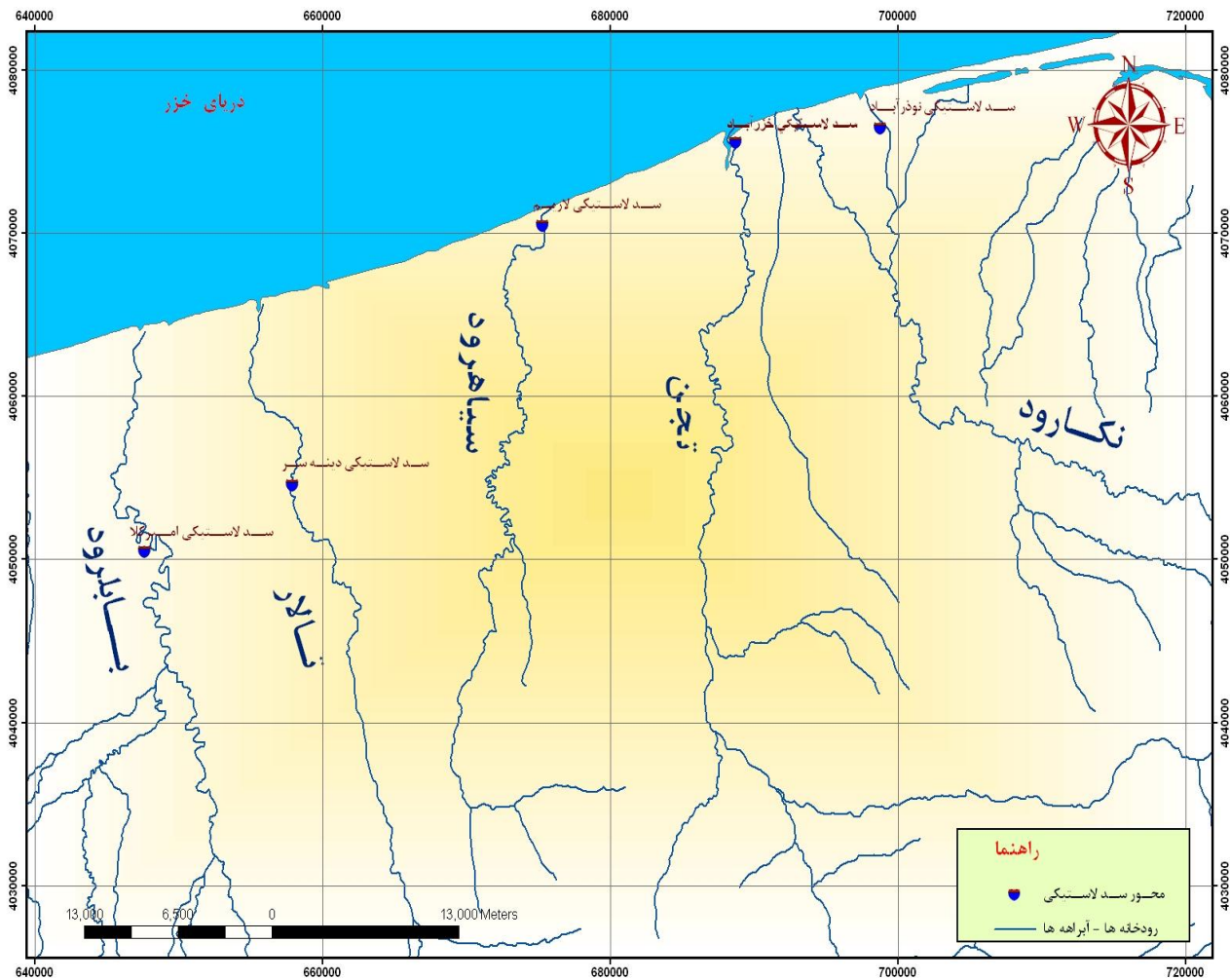
<sup>6</sup> - GIFJ

بخش‌های مختلف مطالعات سدهای لاستیکی مانند سازه‌های هیدرولیکی، طراحی بدنه و برنامه‌ریزی منابع آب از نرم افزارهای موجود در هر بخش استفاده می‌گردد. در این مقاله به منظور تعیین میزان افزایش بهره‌وری منابع آب اراضی ساحلی با استفاده از سد لاستیکی از نرم‌افزار شبیه‌سازی WEAP استفاده شده است.

### 3- مواد و روش‌ها

#### 3-1- معرفی محدوده مطالعاتی

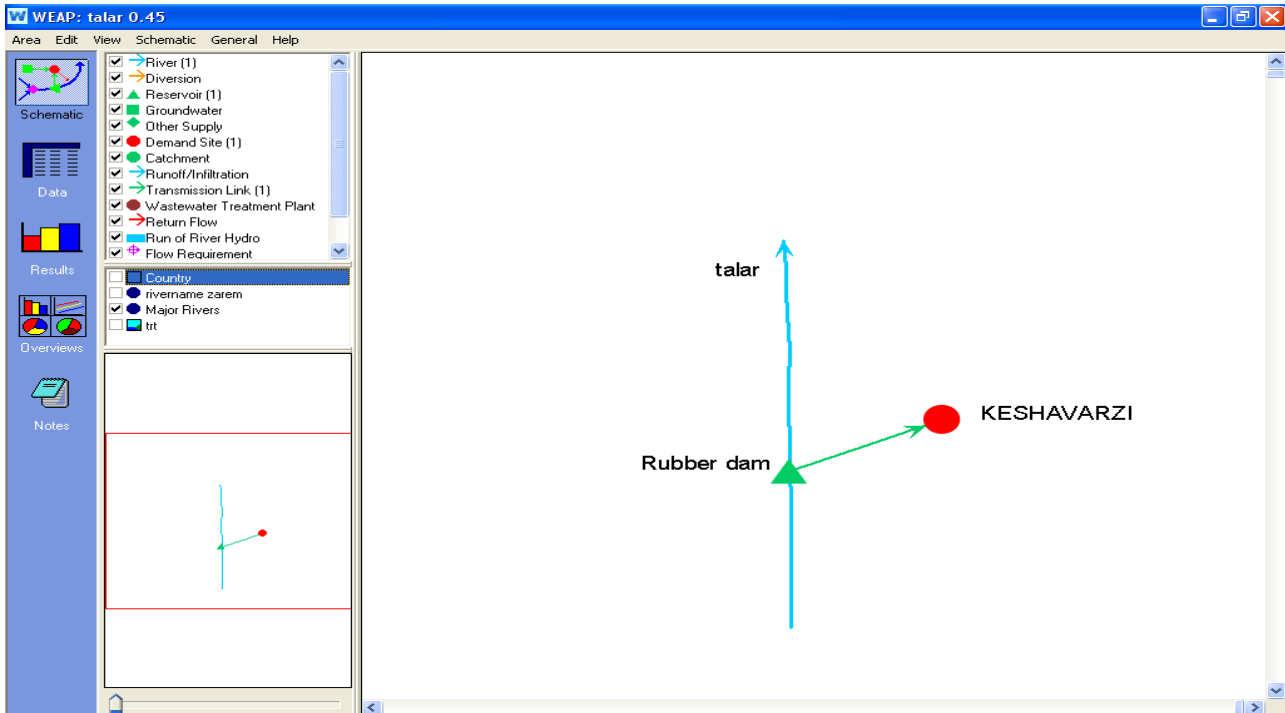
مطالعه حاضر به طور موردی بر روی رودخانه‌های نکارود، تجن، سیاهرود، تالار و بابلرود می‌باشد. این رودخانه‌ها از نظر تقسیمات کشوری جزء استان مازندران محسوب می‌گردد و از نقطه نظر تقسیمات جغرافیای طبیعی ایران بخشی از دامنه‌های شمالی سلسله جبال البرز را تشکیل می‌دهد که حد شمالی آن به دریای مازندران محدود می‌گردد. پس از بازدیدهای به عمل آمده در محدوده مناسبی از رودخانه‌ها محور سدهای لاستیکی با هدف تامین حقابه‌های کشاورزی و جلوگیری از تداخل آب شور دریا و شیرین رودخانه‌ها جانمایی شده است. شکل 1 موقعیت رودخانه‌های مذکور و جانمایی سدهای لاستیکی بر روی این رودخانه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (1): موقعیت محور سد های لاستیکی مورد مطالعه بر روی رودخانه های ساحلی مازندران

### 3-2- پارامترهای مدل شبیه‌سازی برنامه‌ریزی منابع آب

در WEAP انتقال آب بر اساس تامین نیازها و اولویت تامین آب حقابه‌های موجود، برقراری رابطه تعادل و سایر قیود صورت می‌گیرد. محاسبات WEAP از ماه اول سال آغاز و تا پایان آخرین سناریو ادامه می‌یابد. برای تعیین حجم بهینه مخزن سد لاستیکی از نرم‌افزار WEAP استفاده شده است. در این حالت برای تعیین حجم بهینه مخزن سد، شماتیک مدل تهیه شده در شکل 2 در محیط نرم افزار WEAP نشان داده شده است.



شکل(2): صفحه اصلی مدل شبیه سازی تهیه شده در محیط نرم افزار WEAP

سری درازمدت آینده ماهانه رودخانه‌ها در محل احداث سد لاستیکی یکی از پارامترهای ورودی به مدل می‌باشد. بر اساس مطالعات هیدرولوژی طرح، متوسط سالانه آینده رودخانه‌های مورد مطالعه در محل پیشنهادی سدهای لاستیکی مورد مطالعه در جدول 1 ارائه شده است.

جدول (1): آینده رودخانه‌های محدوده طرح در محل احداث سد های لاستیکی

سد لاستیکی	نوذر آباد	خزر آباد	لاریم	دینه سر	امیرکلا
رودخانه	نکارود	تجن	سیاهرود	تالار	بابلرود
آبدهی (mcm)	117	410	36	291	533

تبخیر ماهانه از سطح آزاد آب در محل محور سدها که به عنوان تلفات از سیستم محسوب می‌گردد، دیگر پارامتری است که در تهیه مدل شبیه‌سازی از آن استفاده شده است. بر اساس مطالعات هواشناسی طرح، بیشترین میزان تبخیر در ماه‌های تیر و مرداد و کمترین میزان تبخیر در دی‌ماه می‌باشد.

با توجه به آمار الگوی کشت محدوده سد های لاستیکی و نرم‌افزار NETWAT درصد ماهانه مصارف کشاورزی برآورد گردیده است. حقایق بران کشاورزی با بیشترین توزیع ماهیانه در ماه‌های خرداد و تیر به عنوان نیازهای تعریف شده از سدهای لاستیکی می‌باشند.

یکی دیگر از داده‌های ورودی به مدل منحنی حجم- سطح- ارتفاع مخزن سد می‌باشد. از این منحنی برای تعیین میزان تبخیر از سطح مخزن و همچنین تعیین ارتفاع مخزن بر اساس حجم مخزن استفاده می‌گردد. در تمام سدها تبخیر به عنوان تنها تلفات از مخزن در نظر گرفته شده و تلفات نفوذ با میزان بارندگی بالانس شده است.

### 3-3- سناریوهای شبیه‌سازی

مهمترین کارکرد یک مدل برنامه‌ریزی خوب حساسیت آن نسبت به تغییرات ورودی می‌باشد. همان‌طوری که گفته شد وجود اراضی مرغوب در منطقه و پتانسیل محدود آب‌های زیرزمینی و عدم امکان توسعه منابع آب زیرزمینی موجب گردیده که تقاضا برای استفاده از رودخانه‌ها افزایش یابد. بدین‌منظور در تحقیق پیش رو سناریوهای مختلف برای مخازن مختلف و برای هر حجم مخزن مصارف مختلفی برای توسعه کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته است.

در گام اول به منظور بررسی میزان آب تنظیمی در شرایط موجود (بدون مخزن)، در مدل حجم مخزن صفر در نظر گرفته شده است در این حالت سناریوهای مختلفی تعریف شده است که در هر سناریو مصارف مختلف کشاورزی در نظر گرفته شده است. با اجرای مدل، درصد تامین شده آب مورد نیاز کشاورزی در سال‌های مختلف در هر سناریو بدست آورده شده است و در نهایت مشخص گردید در احتمالات معین حداقل چند درصد آب مورد نیاز کشاورزی تامین می‌شود. نتایج میزان آب تنظیمی برای هر حجم مخزن با توجه به معیار کشاورزی در 80٪ مواقع (سال‌ها) تامین حداقل 90٪ نیاز بدست می‌آید. در گام‌های بعدی در مدل تهیه شده حجم‌های مختلفی برای مخزن و برای هر حجم مخزن مصارف مختلفی برای توسعه کشاورزی در نظر گرفته شده و در نهایت حجم مفید بهینه مخزن سد لاستیکی برآورد می‌گردد. با توجه به حجم مخزن سد لاستیکی و نتایج برنامه‌ریزی منابع آب، میزان حجم آب تنظیمی بدست می‌آید.

### 3-4- نتایج پارامترهای مخزن سدهای لاستیکی بر روی رودخانه‌های ساحلی دریای خزر

پس از مطالعات انجام شده بر روی این رودخانه‌ها و جانمایی سد لاستیکی در محور منتخب (با استفاده از ملاحظات فنی و اقتصادی) با استفاده از مدل WEAP حجم بهینه مخزن، حجم تنظیمی کشاورزی سد لاستیکی، ارتفاع سد، سطح مخزن و ... برآورد گردیده و در نهایت سطح اراضی بهبود یافته با احداث سد لاستیکی تعیین شده‌اند که در جدول 2 ارائه شده‌اند.

جدول (2): خلاصه مشخصات مخزن سدهای لاستیکی بر روی رودخانه‌های ساحلی استان مازندران

نام رودخانه	نام سد لاستیکی	ارتفاع سد لاستیکی با پلاتفرم (متر)	طول تاج سد لاستیکی (متر)	حجم مخزن (میلیون مترمکعب)	* حجم تنظیمی (میلیون مترمکعب)	حجم سرریزی (هزار مترمکعب)	سطح زیرکشت به هکتار بهبود
نکارود	نوذرآباد	4.0	25	0.16	0.31	36462	160
تجن	خزرآباد	4.5	52	1.2	7.3	120834	920
سیاهرود	لاریم	3.0	20	0.5	0.6	7782	330
تالار	دینه سر	5.8	29	0.7	4.2	60134	570
بابل	امیرکلا	6.9	49	1.0	4.7	103677	2280

\* حجم احیاء شده توسط غشای سد لاستیکی در اثر جلوگیری از تداخل آب شور و شیرین لحاظ شده است.

#### 4- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- با توجه به ارتفاع کم سدهای لاستیکی و هزینه نسبتاً پایین آن نتایج خروجی حجم تنظیمی سدهای لاستیکی مورد مطالعه نشان می‌دهد که احداث سد لاستیکی در محل محورهای مذکور گزینه مناسبی جهت احیاء افزایش بهره‌وری منابع آب اراضی ساحلی می‌باشند.
- میزان حجم آب سرریزی در اکثر محورها نشان می‌دهد که پتانسیل احداث سدهای لاستیکی دیگری در بالادست محورهای مزبور امکان‌پذیر است.
- سدهای لاستیکی علاوه بر تنظیم آب رودخانه‌های نوار ساحلی حتی در منتهی‌الیه دشت می‌تواند با ساماندهی رودخانه در محدوده‌های شهری جاذبه‌های توریستی و تفریحی را نیز به دنبال داشته باشد.

## 5- منابع

- 1- حافظ پرست مودت، .، خلقی، م.، فاطمی، س.، ا.، 1387. ارزیابی و برنامه ریزی منابع آب دشت تاکستان با مدل های WEAP و LINGO. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.
  - 2- حسین پور کاشانی، س.م.، عطاری، ج. 1384. مدلسازی ریاضی سد لاستیکی با استفاده از نرم افزار SAP2000 . پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان.
  - 3- سعیدی نیا، م.، صمدی بروجنی، ح.، فتاحی، ر.، 1387. بررسی طرح های انتقال آب بین حوضه ای با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی: تونل بهشت آباد). مجله پژوهش آب ایران، شماره 3، ص 33-34
  - 3- شرکت مهندسی مشاور خزرآب. 1389. مطالعات مرحله اول سد های لاستیکی.
  - 4- شریف، ب.، 1387. خودآموز WEAP.
  - 5- شمسایی، الف.، شیبانی، ح.، خسرونژاد، ع. 1383. بهره برداری از سدهای لاستیکی با توجه به شرایط هیدرولیکی این سازه ها. اولین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.
- 6- <http://www.weap21.org>
- 7- Raskin P., Hansen. E. Zhu J and Iwra M. (1992). Simulation of water supply and demand in the Aral sea region J. of water International.