۱۶ دی ماه ۱۳۸۸

ششمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ■ سازمان آب و برق خوزستان ■ کمیته منطقه‌ای آبیاری و زهکشی خوزستان

عنوان:

مدیریت زه‌آب شور کشاورزی با استفاده از تکنیک تحلیل پویایی سیستم

نویسندگان:

حامد نوذری[۱]، عبدالمجید لیاقت[۲]، مجید خیاط خلقی[۳]

چکیده

کمیت و کیفیت زهاب تولید شده در اراضی کشت و صنعت نیشکر واحد امیرکبیر از شروع بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی تاکنون در حال تغییر بوده است و این وضعیت تا قبل از رسیدن به شرایط تعادل کماکان ادامه خواهد داشت. زمان رسیدن به حالت تعادل در اراضی با آب زیرزمینی کم عمق و شور ممکن است چندین سال به طول بیانجامد. در چنین شرایطی، آگاهی از کمیت و کیفیت زهاب تولید شده به منظور مدیریت و کنترل آن امری ضروری می‌باشد. در این تحقیق ابتدا عملکرد سیستم زهکشی واحد امیرکبیر در شرایط غیر ماندگار به کمک روش تحلیل پویایی سیستم که یک روش شبیه‌سازی بصورت شی‌گرا و مبتنی بر روابط بازخورد می‌باشد به طور کامل مدلسازی و پس از اعتباریابی نتایج مدل با داده‌های صحرایی و تایید صحت کمیت و کیفیت زهاب تولید شده، راهکارهای مدیریتی برای استفاده و کنترل زه‌آب‌های شور مدلسازی شد. با اجرای مدل فوق برای مزارع کشت و صنعت نیشکر واحد امیر کبیر، به منظور مدیریت زهاب شور این اراضی، ترکیبی از راه حل‌های موجود از قبیل اختلاط آنها با آب آبیاری، استفاده در پایین دست و کشت گیاهان مقاوم به شوری، استفاده برای آبیاری گیاه شور پسند، تخلیه به رودخانه به میزانی که به کیفیت آب رودخانه در پایین دست صدمه نزند و تخلیه به حوضچه‌های تبخیر به صورت همزمان بکار رفته و سهم زه‌آب شور اختصاص داده شده به هر یک از این روش‌ها تعیین گردید. در نهایت دستورالعملی برای مدیریت زه‌آب شور اراضی واحد فوق ارائه شد. نتایج نشان داد که مدل حاضر می تواند به عنوان یک ابزار مناسب جهت ارزیابی و مدیریت سیستم‌های زهکشی برای مشاورین، کارفرمایان و سایر علاقمندان این رشته بکار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پویایی سیستم، زه‌آب شور، کمیت، کیفیت، سیستم زهکشی.

۱- استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه بوعلی همدان، رایانامه: hanozari@yahoo.com

۲- استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران، تلفن ۰۲۶۱_۲۲۴۱۱۱۹ رایانامه: aliaghat@ut.ac.ir

۳- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران، تلفن ۰۲۶۱_۲۲۴۱۱۱۹ رایانامه: kholghi@ut.ac.ir

مقدمه

در کشت‌های آبی در مناطق خشک و نیمه خشک، زهکشی برای مهار و تنظیم شوری و جلوگیری از ماندابی شدن خاک از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. اما گاهی به دنبال این منافع، اثرات منفی زیست محیطی بوجود می‌آورد. برای مثال، تخلیه زه‌آب خروجی با کیفیت پایین به آب‌های موجود در طبیعت، باعث تخریب برخی از زیست بوم‌های آبی می‌شود. از سوی دیگر با توجه به رشد فزاینده جمعیت و نیاز به افزایش تولید مواد غذایی، جستجو برای منابع جدید آب نظیر بهره‌برداری از آب‌های با کیفیت پایین مانند زه‌آب، راهکاری ضروری و منطقی به نظر می‌رسد. در همین راستا رودز (۱۹۷۷ و ۱۹۸۹) نتیجه گرفت تا جایی که آب زهکشی از یک مزرعه یا یک پروژه برای یک گیاه مقاوم به شوری قابل استفاده و مفید باشد، باید قبل از دفع نهایی مجدداً برای آبیاری مورد استفاده قرار گیرد. [5,6]

ژوری و همکاران (۲۰۰۳)، عملیات استفاده مجدد از زه‌آب جهت آبیاری زمینهای کشاورزی را شبیه سازی نمودند و نتیجه گرفتند که مقدار زیادی از آب زهکشی به آب زیرزمینی تعلق دارد و غلظت نمک زه‌آب خروجی تحت تاثیر شوری آب زیرزمینی قرار می‌گیرد [3]. نتایج اندازه گیری‌های صحرایی در خوزستان نشان داد که شوری آب زیرزمینی تحت تاثیر مدیریت آبیاری متغیر بوده و روندی کاهشی طی می‌کند. این روند تا رسیدن به حالت تعادل با شوری آب آبیاری ادامه می‌یابد. بنابراین شوری آب زیرزمینی نیز بر مدت زمان به تعادل رسیدن اثر دارد و هر چه شوری آب زیرزمینی بیشتر باشد زمان رسیدن به حالت تعادل بیشتر خواهد شد. زمان رسیدن به حالت تعادل در مناطق با آب زیرزمینی کم عمق و شور ممکن است چندین سال به طول بیانجامد. در چنین شرایطی، آگاهی از کمیت و کیفیت زه‌آب تولید شده به منظور مدیریت و کنترل آن امری ضروری می‌باشد.

نوذری و همکاران (۱۳۸۸)، با استفاده از روش تحلیل پویایی سیستم و به کمک معادلات بیلان آبی، تراز سطح آب و شدت زه‌آب خروجی از اراضی مجهز به سیستم زهکش زیرزمینی را در شرایط غیر ماندگار به طور کامل مدلسازی کردند. این محققین روش پویایی سیستم را به عنوان ابزاری مناسب برای شبیه سازی اکثر فرایندهای شناخته شده در سیستم های پیچیدهٔ آب و خاک اعلام نمودند. در این مدل کیفیت زه‌آب خروجی نیز با فرض اینکه شوری زه‌آب خروجی زهکش‌های زیرزمینی ناشی از املاح موجود در آب آبیاری و خاک قسمت فوقانی زهکش و املاح موجود در آب‌های زیرزمینی زیر زهکش می‌باشد، مدلسازی شد [1,2].

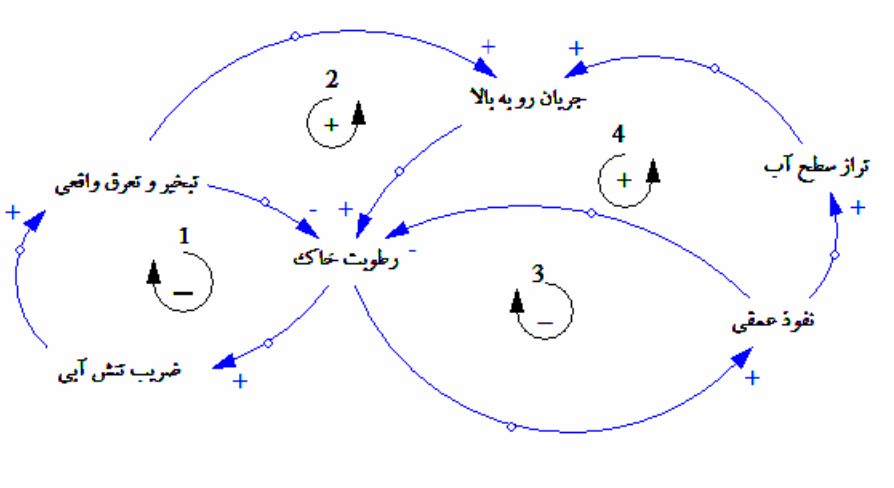
در تحقیق حاضر، به منظور مدیریت زه‌آب شور اراضی کشاورزی، مدلی ارائه شده است که بر مبنای روش تحلیل پویایی سیستم بوده و علاوه بر تعیین کمیت و کیفیت (شوری) زه‌آب خروجی، می‌تواند دستورالعملی پویا برای مهار زه‌آب های شور ارائه دهد. به کمک مدل مذکور ضمن جلوگیری از اثرات منفی زیست محیطی زه‌آب شور در طی دوره بهره‌برداری می‌توان به یک مدیریت صحیح و پایدار در امر آبیاری و اداره اراضی فاریاب دست یافت.

مواد و روش‌ها

مدلسازی پویایی سیستم

اساس روش تحلیل پویایی سیستم بر پایه فرضیه فرآیندهای بازخوردی می‌باشد که متاثر از رفتار گذشته خود می‌باشد و از نتایج آن در رفتار آینده استفاده می‌نماید. این فرآیند بازخوردی شامل حلقه‌های بازخوردی منفی و مثبت می‌باشد که روابط علت و معلولی یک سیستم را نشان می‌دهند و در واقع ساختار اصلی یک سیستم

می‌باشند. حلقه منفی نشان می‌دهد که اگر علت افزایش یابد اثر آن کاهش می‌یابد و اگر علت کاهش یابد اثر آن روند افزایشی دارد. حلقه مثبت نیز نشان می‌دهد که اگر علت افزایش یابد اثر آن نیز افزایش می‌یابد و اگر علت کاهش یابد اثر آن نیز روند کاهشی دارد. شکل ۱ نمونه ای از نمودارهای علت و معلولی در این تحقیق می‌باشد.



شکل ۱- حلقه‌های علت و معلولی ناحیه غیر اشباع

همانطور که ملاحظه می‌شود در حلقه شماره ۱ با افزایش رطوبت خاک، ضریب تنش آبی افزایش می‌یابد و با افزایش آن میزان تبخیر و تعرق واقعی افزایش می‌یابد که در نهایت موجب کاهش رطوبت خاک می‌شود و یک حلقه منفی را تشکیل می‌دهد. از طرفی با افزایش تبخیر و تعرق میزان جریان رو به بالا از سطح آب زیرزمینی افزایش می‌یابد که خود باعث افزایش رطوبت خاک می‌شود و یک حلقه مثبت را تشکیل می‌دهد (حلقه شماره ۲). در حلقه سوم با افزایش رطوبت خاک، نفوذ عمقی از ناحیه ریشه افزایش یافته و با افزایش نفوذ عمقی رطوبت خاک در لایه‌های فوقانی کاهش می‌یابد. از طرف دیگر با افزایش نفوذ عمقی، تراز سطح آب افزایش یافته و با بالا آمدن تراز سطح آب میزان جریان رو به بالا افزایش می‌یابد و در نهایت باعث افزایش رطوبت خاک در ناحیه غیر اشباع می‌شود (حلقه چهارم). در این تحقیق، ابزار تحلیل سیستم مورد استفاده جهت مدلسازی، Vensim می‌باشد. این ابزار مدلسازی که یک محیط شبیه سازی شیءگرا می‌باشد امکان ایجاد مدل‌های پیچیده را با دشواری کمتری نسبت به زبان‌های برنامه‌نویسی مرسوم بوجود می‌آورد.

آزمون صحت سنجی مدل

پس از ترسیم نمودارهای علت و معلولی و تهیه مدل، نوبت به آزمون صحت سنجی نتایج مدل می‌رسد. بدین منظور از داده‌های جمع‌آوری شده از مزرعه ۲۵ هکتاری ARC1-18 واقع در اراضی تحقیقاتی مرکز تحقیقات نیشکر واحد امیرکبیر که یکی از واحدهای هفتگانه طرح توسعه نیشکر می‌باشد، استفاده شد. جهت بررسی نوسانات سطح ایستابی در این مزرعه، سه ردیف پیزومتر در فواصل ۴۰، ۱۲۰ و ۲۰۰ متری از جمع‌کننده‌ها که در هر ردیف هفت عدد پیزومتر وجود دارد نصب گردید. در طی دوره آبیاری نیشکر، عمق سطح ایستابی به صورت روزانه، دبی خروجی زهکش‌ها، شوری آب آبیاری، شوری آب داخل پیزومترها و شوری زه‌آب ثبت گردید. اولین قرائت‌ها به

عنوان شرایط اولیه به مدل معرفی شد. با توجه به اینکه امکان نصب پیزومتر در اعماق پایین تر از ۳/۱ متر مقدور نبود، شوری اولیه آب زیرزمینی در لایه‌های پایین‌تر با روش حل معکوس تعیین شد که نتایج آن همراه با داده‌های اندازه‌گیری شده از اعماق بالاتر در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱- شوری اولیه آب زیرزمینی در لایه‌های زیرین لوله زهکش

عمق لایه زیر زهکش (سانتی متر)	۲۲۰	۲۶۰	۳۱۰	۳۴۰	۳۸۰-۶۰۰
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۴	۴	۵	۷	۲۰

آبیاری این مزرعه در اوایل سال ۱۳۸۶ شروع شد و به مدت ۶ ماه بطول انجامید. با توجه به اینکه آب آبیاری این مزارع از رودخانه کارون تامین می‌شود، میزان شوری آن در ماه‌های مختلف متفاوت است (جدول ۲).

جدول ۲- EC آب کانال امیرکبیر در طی ماههای مختلف سال ۱۳۸۶ (dS/m)

فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی
۱/۶۰۲	۰/۹۵۸	۱/۴۷۹	۱/۶۰۹	۱/۷۶۱	۲/۳۰۸	۲/۲۲۲	۱/۷۷	۱/۷	۱/۷۸۹

نتایج و بحث

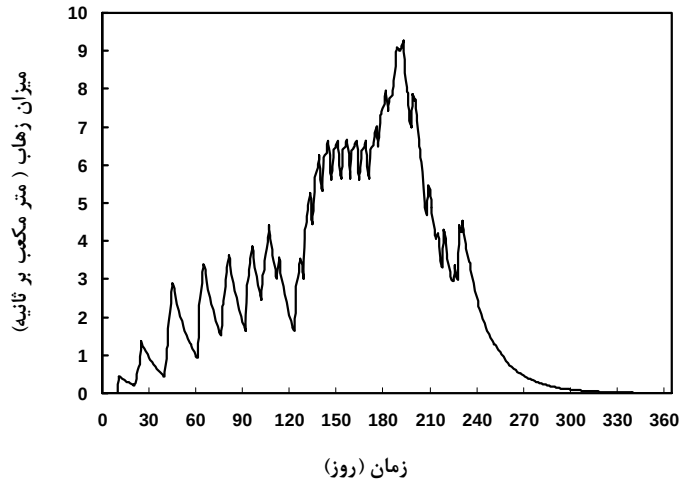
ارزیابی و صحت‌سنجی مدل تهیه شده از نظر هیدرولیکی و کیفی به تفصیل در مطالعات نوذری و همکاران (۱۳۸۸) شرح داده شده است.

طراحی و ارزیابی سیاست‌ها جهت مدیریت زه‌آب شور

سطح کل محدوده مورد مطالعه حدود ۱۲۰۰۰ هکتار می‌باشد که هر سال حدود ۱۰۰۰۰ هکتار آن آبیاری و مابقی اراضی که حدود ۲۰۰۰ هکتار می‌باشد به عنوان آیش مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از صحت سنجی عملکرد مدل [1,2]، اراضی تحت کشت نیشکر واحد امیر کبیر توسط مدل شبیه سازی شد و سپس به مدیریت زه‌آب شور تولید شده از این اراضی به منظور کنترل و کاهش اثرات منفی آن پرداخته شد. با توجه به اینکه در این تحقیق قرار است دستورالعملی برای مدیریت زه‌آب شور تا زمان رسیدن آن به حالت تعادل و بعد از آن تهیه شود و همچنین با مشورت مشاوران و دست‌اندرکاران طرح، طول دوره شبیه‌سازی ۱۰ سال (۱۳۸۵-۱۳۹۵) در نظر گرفته شد.

- میزان زه‌آب خروجی

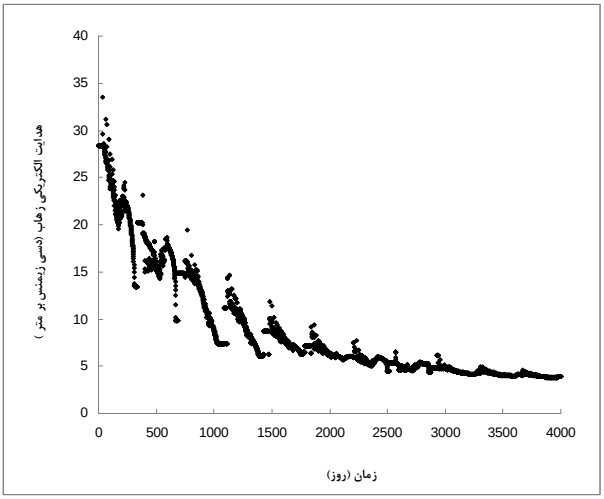
پس از شبیه‌سازی محدوده مورد مطالعه به کمک مدل، تغییرات دبی زه‌آب شبیه‌سازی شده بصورت روزانه برای طول دوره آماری محاسبه گردید. شکل ۲ تغییرات دبی زه‌آب شبیه‌سازی شده را برای یک سال (۱۳۸۶) به طور نمونه نشان می‌دهد.



شکل ۲- دبی زه‌آب شبیه سازی شده واحد امیرکبیر در سال ۱۳۸۶

- شوری زه‌آب خروجی

شکل ۳ هدایت الکتریکی زه‌آب شبیه سازی شده توسط مدل را نسبت به زمان نشان می‌دهد. با توجه به این شکل می‌توان گفت، پس از ۱۰ سال هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی کاهش قابل ملاحظه‌ای دارد و تقریباً به حالت تعادل می رسد.



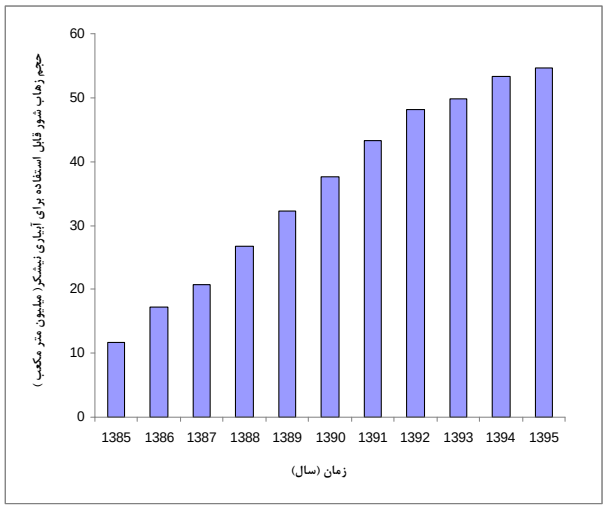
شکل ۳- هدایت الکتریکی زه‌آب شبیه‌سازی شده واحد امیرکبیر در طول دوره شبیه‌سازی (۱۳۸۵-۱۳۹۵)

با توجه به حجم زیاد زه‌آب شور تولید شده و نیز شوری قابل توجه آن در ابتدای دوره بهره برداری، امکان مدیریت زه‌آب تولید شده با یک راهکار عملی نیست. به همین دلیل مجموعه‌ای از راهکارهای قابل دسترس انتخاب گردید و با در نظر گرفتن تعریف پویایی سیستم، بخشی از زه‌آب شور به هر کدام از این راهکارها (حسب اولویت) تخصیص یافت. در این مطالعه راهکارهای استفاده از زه‌آب نسبت به راهکارهای دفع در اولویت بود که ترتیب آن‌ها به قرار زیر می‌باشد:

۱- مخلوط کردن زه‌آب شور با آب با کیفیت خوب برای آبیاری

با توجه به آستانه شوری نیشکر، ۶ دسی‌زیمنس بر متر با قبول ۲۵ درصد کاهش عملکرد، و شوری زه‌آب

خروجی از واحد امیرکبیر، زه‌آب قابل استفاده برای مخلوط کردن با آب آبیاری و استفاده مجدد برای همین محدوده برای ۱۰ سال متوالی توسط مدل شبیه سازی شده است که نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است.

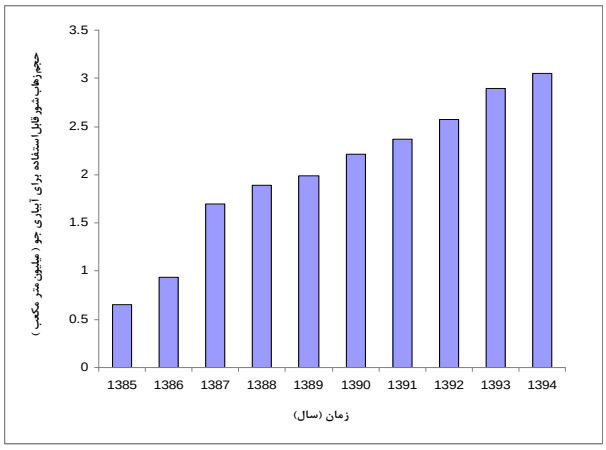


شکل ۴- میزان زه‌آب شور سالانه مصرفی جهت اختلاط با آب آبیاری

همانگونه که در شکل ۴ مشخص است روند استفاده از زه‌آب شور برای اختلاط با آب ابیاری با گذشت زمان افزایش می‌یابد و این به دلیل کاهش شوری زه‌آب (شکل ۳) تولید شده در طول دوره بهره برداری تا قبل از رسیدن به تعادل می‌باشد.

۲- استفاده مجدد از زه‌آب برای گیاهان مقاوم به شوری

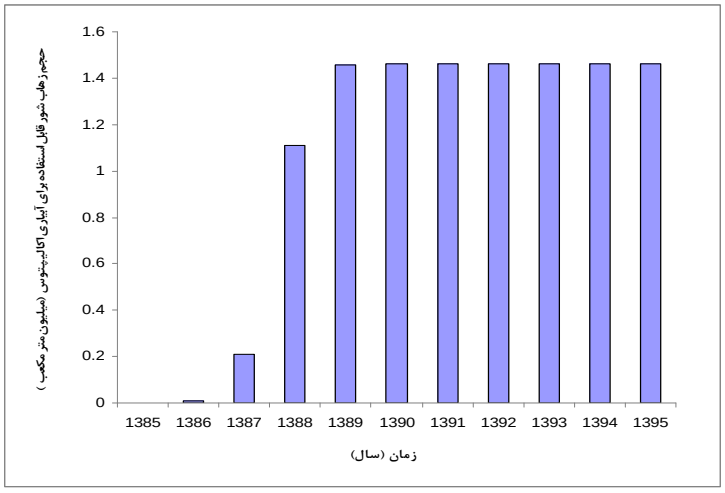
در این تحقیق، جو دانه‌ای با آستانه کاهش عملکرد ۸ دسی زیمنس بر متر بعنوان گیاه مقاوم به شوری انتخاب گردید. شکل ۵ حجم زه‌آب شور قابل استفاده برای اختلاط با آب آبیاری جهت آبیاری گیاه جو به مساحت ۱۰۰۰ هکتار را که توسط مدل شبیه‌سازی شده است نشان می‌دهد. در این شکل نیز به دلیل بهترشدن کیفیت زه‌آب تولید شده، میزان مصرف و استفاده مجدد آن با گذشت زمان بیشتر شده است.



شکل ۵- حجم زه‌آب شور مصرفی سالانه جهت استفاده مجدد برای آبیاری جو دانه ای

۳- استفاده مجدد برای گیاهان شور پسند

در این تحقیق از اکالیپتوس بعنوان گیاه شور پسند با حد آستانه ۱۲ دسی زیمنس بر متر استفاده گردید. و فرض شد اگر شوری زه‌آب از حد آستانه این گیاه بالاتر باشد از زه‌آب جهت آبیاری آن استفاده نشود. شکل ۶ حجم زه‌آب مصرفی جهت آبیاری اکالیپتوس را طی ۱۰ سال شبیه سازی متوالی نشان می‌دهد.



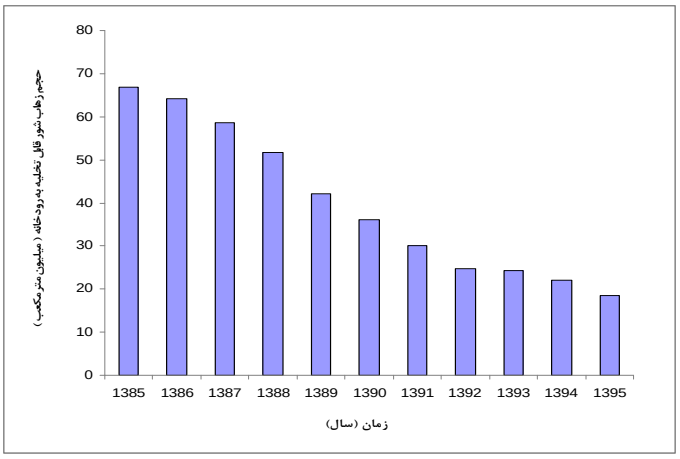
شکل ۶- حجم زه‌آب شور مصرفی جهت آبیاری اکالیپتوس

این شکل نشان می‌دهد که از سال ۱۳۸۷ می‌توان از زه‌آب شور تولید شده برای آبیاری درختان اکالیپتوس استفاده کرد و قبل از آن سال که شوری بیش از حد آستانه گیاه است، استفاده از زه‌آب شور برای آبیاری اکالیپتوس توصیه نمی‌شود.

۴- تخلیه زه‌آب به رودخانه

رهاسازی یا تخلیه زه‌آب بداخل آبراهه‌های سطحی بصورت کنترل شده روش دیگری جهت کاهش اثرات زه‌آبها بر کیفیت آبهای سطحی است. در این راستا همواره باید استفاده‌های پایین دست مد نظر قرار گیرد. در استفاده از این روش توجه به کیفیت منبع پذیرنده و همچنین کیفیت زه‌آب ضروری می‌باشد. بنابراین در هنگام تخلیه باید میزان آبدهی و کیفیت زه‌آب و همچنین دبی و میزان غلظت هر کدام از ترکیبات منبع پذیرنده زه‌آب تعیین گردد.

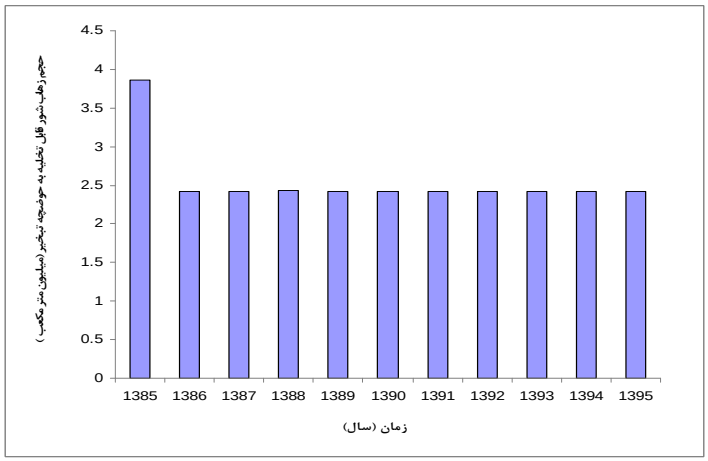
شکل ۷ حجم زه‌آب شبیه‌سازی شده جهت رهاسازی به داخل رودخانه کارون را طی ۱۰ سال دوره شبیه‌سازی با توجه به کمیت و کیفیت زه‌آب تولید شده و رودخانه کارون نشان می‌دهد. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که روند تخلیه به رودخانه کارون با گذشت دوره بهره‌برداری از طرح کاهش می‌یابد و این به دلیل بهترشدن کیفیت زه‌آب تولید شده و استفاده بیشتر آن برای مصارف قبلی (راهکارهای قبلی) می‌باشد. در شرایطی که زمین کافی برای کشت گیاهان مقاوم به شوری و گیاهان شورپسند در پایین دست طرح وجود داشته باشد، قسمت قابل توجهی از زه‌آب تولید شده ممکن است برای استفاده مجدد بکار گرفته شود بطوری که تخلیه آن به رودخانه و آبهای سطحی به حداقل یا صفر کاهش یابد.



شکل ۷- حجم زه‌آب قابل تخلیه به رودخانه

۵- تخلیه به حوضچه های تبخیری

استفاده از حوضچه‌های تبخیری برای آبهای شور زهکش‌های کشاورزی، کاربرد جهانی دارد و در مناطقی که تنها راه مدیریت، تخلیه به حوضچه‌های طبیعی مانند اقیانوس می‌باشد، از این روش می‌توان استفاده نمود. در این تحقیق نیز از این روش به عنوان آخرین راهکار استفاده شد. شکل ۸ حجم زه‌آب تخلیه شده به حوضچه تبخیری را در طول دوره تحقیق نشان می‌دهند. لازم به ذکر است زه‌آب خروجی اراضی تحت کشت جو دانه‌ای و اکالیپتوس نیز به دلیل شوری بالا مستقیماً وارد حوضچه‌های تبخیری می‌شوند.



شکل ۸- حجم زه‌آب شور قابل تخلیه به حوضچه تبخیری

با توجه به استراتژی استفاده از راهکارهای مدیریتی فوق الذکر، درصد زه‌آب اختصاص داده شده به هر یک از روش‌های مدیریتی در جدول ۳ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، با گذشت زمان به دلیل بهتر شدن کیفیت زه‌آب، سهم بیشتری از آن را می‌توان برای اختلاط و آبیاری گیاه حساس به شوری که کشت اصلی می‌باشد، استفاده نمود. سهم کمی که به گیاه مقاوم به شوری اختصاص داده شده است به این دلیل است که سطح زیر کشت گیاه مقاوم به شوری نسبت به گیاه حساس به شوری بسیار کم می‌باشد (۱۰۰۰ هکتار).

جدول۳- سهم زه‌آب اختصاص داده شده به هر یک از روش‌های مدیریتی استفاده یا دفع زه‌آب شور (درصد)

زمان (سال)	اختلاط با آب آبیاری	گیاه مقاوم به شوری	گیاه شور پسند	تخلیه به رودخانه	تخلیه به حوضچه تبخیری	مجموع
۱	۱٤,٥	۰,۸	۰,۰	۸۲,۷	۲,٤	۱۰۰
۲	۲۰,۸	۱,۱	۰,۰	۷۸,۳	۰,۰	۱۰۰
۳	۲٥,٤	۱,٦	۰,۳	۷۲,۸	۰,۰	۱۰۰
٤	۳۲,۷	۲,۲	۱,٤	٦۳,۷	۰,۰	۱۰۰
٥	٤۱,٤	۲,٦	۱,۹	٥٤,۳	۰,۰	۱۰۰
٦	٤۸,٦	۲,۸	۱,۹	٤٦,۷	۰,۰	۱۰۰
۷	٥٦,۰	۳,۱	۱,۹	۳۹,۱	۰,۰	۱۰۰
۸	٦۲,٦	۳,۳	۱,۹	۳۲,۳	۰,۰	۱۰۰
۹	٦۳,٥	۳,٤	۱,۹	۳۱,۰	۰,۰	۱۰۰
۱۰	٦٦,۸	۳,۸	۱,۸	۲۷,۷	۰,۰	۱۰۰

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که از زمان شروع بهره برداری از کل اراضی (۱۲۰۰۰ هکتار) واحد امیر کبیر، هشت سال طول می‌کشد تا شوری زه‌آب به حالت تعادل برسد. حالت تعادل زمانی است که شوری زه‌آب ۲ تا ۲/۵ برابر شوری آب آبیاری باشد. در طی این هشت سال شوری زه‌آب خروجی از حدود ۳۵ دسی زیمنس بر متر در سال اول به ۴/۵ دسی زیمنس بر متر در سال هشتم خواهد رسید. گفتنی است که اگر شروع بهره‌برداری از پروژه را از آغاز آبشویی اراضی در نظر بگیریم با توجه به اینکه هر سال امکان شستشوی ۲۰۰۰ هکتار در این واحد میسر بوده و شستشوی کل اراضی (۱۲۰۰۰ هکتار) شش سال به طول انجامیده است، زمان رسیدن به تعادل ۱۴ سال خواهد شد.

میزان تخصیص زه‌آب شور برای اختلاط با آب آبیاری برای گیاه اصلی از ۱۴/۵ درصد در سال اول تا ۶۶/۸ درصد در سال دهم تخمین زده شد.

میزان تخصیص زه‌آب شور برای برای اختلاط با آب آبیاری برای گیاه مقاوم به شوری از صفر درصد در سال اول به ۳ درصد در سال دهم تخمین زده شد.

پس از گذشت ۲ سال از آبیاری کل اراضی نیشکر، می‌توان به کشت گیاه شور پسند (اکالیپتوس) با زه‌آب شور و بدون تلفیق با آب آبیاری پرداخت.

میزان تخلیه زه‌آب شور به رودخانه از ۸۲/۷ درصد در سال اول به ۲۷/۷ درصد در سال دهم کاهش یافت.

۶- مراجع

۱- نوذری، ح.، لیاقت، ع. ، خیاط خلقی م. و ع صدیقی(۱۳۸۸)، شبیه سازی سیستم‌های زهکش زیرزمینی در شرایط غیر ماندگار، با استفاده از تکنیک تحلیل پویایی سیستم، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۱۰، شماره ۲، ص ۷۱-۸۶.

۲- نوذری، ح.، لیاقت، ع. و م. خیاط خلقی (۱۳۸۸)، شبیه‌سازی حرکت آب و نمک‌ها در سامانه زهکشی زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل پویایی سیستم، مجله آبیاری و زهکشی، (در دست چاپ).

3- Jury W.A., A. Tuli and J. Letey, 2003. Effect of travel time on management of a sequential Reuse Drainage Operation. Soil Sci. Soc. Am. Journal, 67, pp. 1122-1126.
4- Maurizio, B., Moraria, F., Bonaitia, G., Paaschb, M. and Skaggs, R. 2000. Analysis of DRAINMOD performances with different detail of soil input data in the Veneto region of Italy. Agricultural Water Management 42, 259-272.
5- Rhoades, J.D., and A.D. Halvorson. 1977. Electrical conductivity methods for detecting and delineating saline seeps and measuring salinity in Northern Great Plains soils. ARS W-42. USDA-ARS Western Region, Berkeley, CA.
6-Rhoades, J.D., N.A. Manteghi, P.J. Shouse, and W.J. Alves. 1989. Soil electrical conductivity and soil salinity: New formulations and calibrations. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:433–43.
7-Singh, R., Helmers, M.J., Zhiming, Qi. 2006. Calibration and validation of DRAINMOD to design subsurface drainage systems for Iowa's tile landscapes. agricultural water management 85, 221–232.
8-Tekin, Z. 2002. Hydraulic Conductivity Evaluation for a Drainage Simulation Model (DRAINMOD). Turk J Agric For 26 , 37-45.