DOI:10.22059/IJSWR.2019.274004.668107 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۲، اردیبهشت ۱۳۹۹(ص ۵۲۹-۵۲۵)

Drainage Water Management of Irrigation and Drainage Networks of South West Khuzestan

MAJID SHARIFIPOUR[1*], ADBOLMAJID LIAGHAT[2], ABDALI NASERI[3], HAMED NOZARI[4], MAHMUD HAJISHAH[5], MOHSEN ZARSHENAS[5], HAMID HOVEIZEH[6], MANOOCHEHR NASRI [7]

1. Department of Water Engineering, Lorestan University, Khorramabad, Iran
2. Department of Irrigation and Drainage, Tehran University, Karaj, Iran
3. Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahwaz, Ahwaz, Iran
4. Department of Water Engineering, Bu-AliSina University, Hamedan, Iran
5. Sazab Pardazan Consulting Engineering Company, Ahwaz, Iran
6. Agricultural and Natural Resources Research Center of Khuzestan
7. Department of Fisheries Science and Technology, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

(Received: March. 10, 2019- Revised: July. 21, 2019- Accepted: July. 28, 2019)

ABSTRACT

Soil salinity and shallow and saline groundwater have been made subsurface drainage and drainage effluents to be inevitable in irrigated lands of south of Khuzestan. Due to the development of irrigation and drainage networks (IDN) in the southwest of Khuzestan (with an area of 340,000 hectares), it is necessary to study integrated agricultural drainage management in all area. Drainage management is depending on its quality and quantity (Q & Q), which are changing continuously. Therefore, a model for predicting drainage water Q & Q in the operation period of IDNs was developed and validated using 25 hectares' research field. Predicted drainage water salinity of the IDNs was used to make the decision for reusing or disposing options. Based on the predictions made by this model, the quality of drainage water from the plans of the southern Karkheh basin and western Karoon, with the exception of sugarcane cultivations, is not suitable for at least 10 years to cultivate salt-tolerant plants and their disposal is inevitable. In case of drainage water with better quality, it could be reused for irrigation of salt-tolerant crops and forestation to prevent dust storms. Drainage transportation to the Persian Gulf is proposed to have the least hazard to the environment. In the present study, the content of phosphorus and nitrogen in drainage water was measured to be 0.043-0.70 and 2.2-22 mg/L respectively, which showed a much higher amount of nitrogen than Mahshahr bay (discharge point). Although drainage disposal into the Persian Gulf seems to release high levels of nitrogen, however, due to low phosphorus content in these drainage waters, additional nitrogen cannot be entered in the production cycle and does not result utrification.

Keywords: Salinity, Drainage Water Reuse, Salt-Tolerant Plants, Desert Greening, Dust Storm

*Corresponding Author's Email: sharifipour.m@lu.ac.ir

مدیریت زهاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی جنوب غربی استان خوزستان

مجید شریفی‌پور[1*]، عبدالمجید لیاقت[2]، عبدعلی ناصری[3]، حامد نوذری[4]، محمود حاجیشاه[5]، محسن زرشناس[5]، حمید هویزه[6]، منوچهر نصری[7]

۱. گروه مهندسی آب، دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی، خرم آباد، ایران

۲. گروه آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳. گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

۴. گروه مهندسی آب ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۵. مهندسین مشاور سازآب پردازان، اهواز، ایران

۶. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

۷. گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۴/۳۰- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۵/۶)

چکیده

شوری خاک و آب زیرزمینی شور و کم‌عمق، زهکشی و در نتیجه تولید زهاب شور را در اراضی فاریاب جنوب استان خوزستان اجتناب‌ناپذیر ساخته است. با توجه به گسترش سطح شبکه‌های آبیاری و زهکشی، ضروری است که مدیریت زهاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی احداث‌شده یا در حال احداث (مجموعاً ۳۴۰ هزار هکتار) واقع در جنوب خوزستان و غرب رودخانه کارون به عنوان یک طرح جامع مطالعه شود. مدیریت زهاب به کمیت و کیفیت آن، که مرتباً در حال تغییر بوده، وابسته است. بنابراین مدلی توسعه داده شد که بتواند کمیت و کیفیت زهاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی را در طول دوره بهره‌برداری پیش‌بینی کند. این مدل با استفاده از یک مزرعه پژوهشی ۲۵ هکتاری اعتبارسنجی شد. شوری زهاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی پیش‌بینی شده، مبنای تصمیم‌گیری برای روش استفاده مجدد قرار گرفت. بر اساس پیش‌بینی های صورت گرفته با این مدل، کیفیت زهاب‌های حاصله از طرح‌های حوضه جنوب کرخه و غرب کارون، به جز کشت و صنعت‌های نیشکر، حداقل تا ۱۰ سال برای کشت گیاهان زراعی مقاوم به شوری مناسب نیست و دفع آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است. در خصوص زهاب‌های با کیفیت مناسب‌تر، گزینه‌های استفاده مجدد مانند کشت گیاهان مقاوم به شوری و توسعه منابع طبیعی برای جلوگیری از طوفان‌های گرد و غبار می‌تواند در دستور کار قرار بگیرد. به نظر می‌رسد تخلیه زهاب به خلیج فارس کمترین ضرر زیست‌محیطی را از بین گزینه‌ها در بر خواهد داشت. در مطالعه حاضر، محتوای فسفر زهاب‌ها ۰/۷- ۰/۰۴۳ و نیتروژن ۲۸-۲/۲ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد که در مورد نیتروژن مقادیر بسیار بالاتری را نسبت به خور ماهشهر (محل تخلیه) نشان داد. هرچند به نظر می‌رسد تخلیه زهاب به خلیج فارس سبب رهاسازی مقادیر بالای نیتروژن به آن می‌شود، اما با توجه به پایین بودن مقدار فسفر این زهاب‌ها، نیتروژن اضافی وارد چرخه تولید نشده و موجب یوتریفیکاسیون نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: شوری، استفاده مجدد از زهاب، گیاهان مقاوم به شوری، بیابان‌زدایی، گرد و غبار

مقدمه

موارد متعددی از بروز مشکل دفع زهاب در اراضی وسیع آبیاری شده در سطح جهان، در مناطقی همچون آسیای جنوبی، آسیای جنوب شرقی، آسیای مرکزی، شمال آفریقا، خاورمیانه، استرالیا و ایالات متحده آمریکا گزارش شده است (Tanji and Kielen, 2003). این در حالی است که برنامه‌ریزی برای استفاده از زهاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی، می‌تواند نقش مؤثری در برون‌رفت از بحران آب جهان داشته باشد. تا دهه ۱۹۹۰، مدیریت زهاب کمتر مورد توجه قرار می‌گرفت. پژوهش‌های زهکشی عموماً به مسائل طراحی گرایش داشت و ارزیابی طرح‌ها نیز عمدتاً بر

* نویسنده مسئول: sharifipour.m@lu.ac.ir

عملکرد سامانه‌های موجود و موارد مرتبط با ضوابط طراحی آن‌ها سر و کار داشت (Snellen, 1997). پس از کنفرانس سران جهان[1] در سال ۱۹۹۲، مجامع بین‌المللی آبیاری و زهکشی توجه خود را بر مدیریت زهاب‌ها متمرکز کردند. بیانیه این اجلاس نه تنها بر نیاز به زهکشی به عنوان مکملی اساسی برای توسعه آبیاری در نواحی خشک و نیمه‌خشک تأکید می‌کند، بلکه به طور همزمان بر حفاظت و استفاده مجدد از آب در قالب «مدیریت جامع منابع» تأکید دارد (Weiss, 1992).

استفاده مجدد از زهاب‌های کشاورزی در تمامی جهان تجربه شده است، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک و همچنین در ماه‌های خشک تابستان در مناطق معتدل که تأمین آب آبیاری با تنگنا مواجه است (Ritzema and Stuyt, 2015). در کشاورزی فاریاب استفاده مجدد از زهاب می‌تواند در سطوح مزرعه، پروژه و یا منطقه باشد که معمولاً به صورت ترکیبی از فعالیت‌های دولتی (رسمی) و استفاده مجدد توسط کشاورزان است (Ritzema and Braun, 2006). برای درک بهتر از سطوح متفاوت استفاده از زهاب، می‌توان دلتای رود نیل در مصر را مثال زد. در این ناحیه کشاورزان زهاب را برای آبیاری، مستقیماً از زهکش‌ها به مزارع پمپاژ می‌کنند. استفاده نهادهای دولتی از زهاب در سطح منطقه، معمولاً از زهکش‌های اصلی صورت می‌پذیرد. استفاده مجدد از زهاب می‌تواند آب در دسترس کشورها را به طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش دهد، مانند بخش شرقی دلتای رود نیل که ۱۵ درصد از آب آبیاری محصولات کشاورزی از آب‌های زیرزمینی و استفاده مجدد از زهاب در سطح مزرعه تأمین می‌شود (Abdel Gawad *et al.*, 1991). توسعه راهکارهای استفاده مجدد، آب در دسترس در کشور مصر را تا ۲۰ درصد افزایش داده است (Barnes, 2014).

چالش اصلی در برابر روش استفاده مجدد، شوری زهاب است. به‌هرحال زهاب را هرگز نمی‌توان کاملاً به مصرف رساند، زیرا نمکی که به همراه آب آبیاری وارد شده، باید به بیرون منطقه رانده شود (Ritzema, 2016; Ritzema and Braun, 2006). تا جایی که آب زهکشی شده از یک مزرعه یا یک پروژه، برای یک گیاه مقاوم به شوری قابل استفاده و مفید باشد، می‌تواند قبل از دفع نهایی مجدداً برای آبیاری مورد استفاده قرار گیرد (Rhoades and Halvorson, 1977; Rhoades *et al.*, 1989). البته شوری زهاب تنها ناشی از نمک‌های حل شده در آب آبیاری نیست. در مناطقی با آب زیرزمینی شور و کم‌عمق (مانند جنوب خوزستان) بخش عمده‌ای از شوری زهاب، ناشی از ترکیب آب زیرزمینی شور با آب زهکشی شده در طول فرآیند زهکشی است (Sharifipour *et al.*, 2013). در هر صورت دفع ایمن و بی‌خطر زهاب، چالش نهایی است که هر سامانه زهکشی برای آنکه بتواند بخشی از مدیریت پایدار منابع آب باشد، باید با آن روبرو شود.

در انتهای حوضه رودخانه‌های کارون و کرخه در جنوب غرب ایران، ۳۴۷ هزار هکتار شبکه آبیاری و زهکشی ساخته‌شده یا در حال احداث است. سطح ایستابی بالا و شوری خاک، زهکشی زیرزمینی را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. کشت و صنعت‌های نیشکر اولین شبکه‌های آبیاری و زهکشی بودند که در این ناحیه به بهره‌برداری رسیدند و بنابراین اولین تجربه و برخورد مسئولین منابع آب با مسئله زهاب نیز محسوب می‌شد. زهاب این اراضی در سال‌های اول به رودخانه کارون منتقل شد که منجر به خسارات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی فراوانی شد. به ویژه به این دلیل که اراضی یادشده شوری اولیه بسیار بالایی داشتند و تخلیه زهاب بسیار شورِ حاصل از آبشویی و اصلاح آن‌ها به رودخانه کارون سبب بالا رفتن شوری آب در پایین‌دست رودخانه کارون شد و آب را برای بسیاری از مصارف، به ویژه شرب شهرهای جنوبی، غیرقابل استفاده نمود. پس از آن زهاب تولیدشده برای مدتی به تالاب شادگان و سپس به اراضی واقع در شمال شهر خرمشهر به عنوان برکه تبخیری منتقل شده است. با افزایش حجم زهاب ناشی از گسترش شبکه‌های زهکشی، برای مسئولین امر روشن شد که باید تا قبل از اتمام احداث سایر شبکه‌های آبیاری و زهکشی، برای مدیریت زهاب آن‌ها در کل منطقه برنامه مشخصی تدوین شود.

با کاهش شوری زهاب در طول دوره بهره‌برداری، راهکارهای استفاده مجدد از زهاب متناسب با بهبود کیفیت تغییر خواهد کرد. چون قبل از احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی سابقه‌ای از کمیت و کیفیت دفع زهاب وجود ندارد، از طریق مدل‌سازی باید کمیت و کیفیت زهاب را پیش‌بینی و بر اساس آن در خصوص روش مدیریت زهاب تصمیم‌گیری کرد.

مطالعات متعددی که بر روی تغییرات طولانی مدت کیفیت زهاب در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان انجام‌شده، بیانگر آن است که بیشتر نمک خاک پس از ۱۰ سال بهره‌برداری از سامانه زهکش لوله‌ای تخلیه خواهد شد و شدیدترین تخلیه نمک در ۲ تا ۳ سال اول بهره‌برداری رخ خواهد داد. هرچه شوری اولیه خاک و شوری آب زیرزمینی بالاتر باشد، شدت تخلیه نمک و به تبع آن شوری زهاب در سال‌های اولیه بیشتر خواهد بود. پس از گذشت ۱۵ تا ۲۰ سال از شروع بهره‌برداری از سامانه زهکشی

1- Earth Summit

زیرزمینی، شوری زهاب تقریباً به مقدار ثابتی میل می‌کند و هر چه شوری اولیه خاک بیشتر باشد، مقدار این شوری ثابت بیشتر خواهد بود. پس از این مرحله، کاهش شوری زهاب بسیار بطئی رخ خواهد داد (Johnston, 1993; Sharma *et al*., 1995). نتایج حاصل از پژوهش‌های این پژوهشگران با نتایجی که از اندازه‌گیری‌های کیفی زهاب در کشت و صنعت‌های نیشکر به دست آمده همخوانی دارد. به صورتی که شوری زهاب در این اراضی بعد از گذشت ۲۰ سال، از ۷۰ به حدود ۶ دسی‌زیمنس بر متر رسیده است (Jafari *et al*., 2009). بنابراین اولین گام در مدیریت زهاب، توسعه مدلی است که بتواند کمیت و کیفیت زهاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی را در طول دوره بهره‌برداری پیش‌بینی کند. این پیش‌بینی مبنای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در خصوص نحوه استفاده مجدد و یا دفع زهاب خواهد بود.

Jury *et al*. (2003)، کیفیت زهاب زمین‌های کشاورزی دره سن یوآکین[1] در کالیفرنیا را شبیه‌سازی نمودند و نتیجه گرفتند که شوری زهاب خروجی متأثر از شوری آب زیرزمینی است. این پژوهشگران نشان دادند که عمق لایه غیرقابل نفوذ اثر زیادی در زمان به تعادل رسیدن شوری زهاب خروجی دارد و هرچه لایه غیرقابل نفوذ عمیق‌تر باشد، زمان بیشتری برای رسیدن به حالت تعادل لازم است. از سوی دیگر، فاصله زهکش‌ها تأثیر بسزایی در میزان جریان ورودی از زیر لوله‌های زهکش به درون آن دارد، به‌طوری که هر چه فاصله زهکش‌ها از هم کمتر باشند، جریان کمتری از لایه‌های تحتانی وارد لوله‌ی زهکش می‌شود (Jury *et al*., 2003). لذا کمیت و کیفیت زهاب خروجی تابعی از عمق و فاصله زهکش و پروفیل شوری در خاک (بالا و پایین لوله زهکش) است (Wahba and Christen, 2006). بنابراین می‌توان چنین مطرح نمود که اگر آب زیرزمینی در زیر سطح زهکش دارای کیفیت نامناسب باشد، درنتیجه زهاب ورودی به زهکش از کیفیت پایینی برخوردار خواهد بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در منطقه غرب رودخانه کارون و جنوب رودخانه کرخه، تعداد ۱۸ پروژه شبکه آبیاری و زهکشی با مساحت ۳۴۷ هزار هکتار وجود دارد که محدوده مطالعات مدیریت زهاب‌ها را تشکیل می‌دهند. از این میان، سه شبکه آبیاری و زهکشی (هر یک به مساحت ۱۲ هزار هکتار) به کشت و صنعت‌های نیشکر اختصاص دارد و باقی اراضی متعلق به کشاورزان بوده که کشت آن‌ها ترکیبی است. هر یک از این پروژه‌ها در وضعیت اجرایی متفاوتی (در حال بهره‌برداری، در حال احداث و یا مطالعه شده) قرار دارند. به جز کشت و صنعت اکالیپتوس، آب مورد نیاز این شبکه‌های آبیاری و زهکشی از رودخانه‌های کارون و کرخه تأمین می‌شود. اکالیپتوس یک گیاه مقاوم به شوری است و بنابراین آب مورد نیاز آن از زهاب کشت و صنعت‌های نیشکر تأمین خواهد شد که با گذشت ۲۰ سال از بهره‌برداری، شوری آن به حدی کاهش‌یافته که قابل استفاده مجدد است. جدول (۱) مشخصات عمومی پروژه‌های آبیاری و زهکشی محدوده طرح را ارائه می‌کند.

جدول ۱- وسعت پروژه‌های آبیاری و زهکشی محدوده طرح

ردیف	نام پروژه	مساحت (هکتار)	ردیف	نام پروژه	مساحت (هکتار)
۱	شمال هوفل	۱۰۰۰۰	۱۰	شهید چمران	۱۱۲۰۰
۲	قدس و زمزم	۴۷۵۰	۱۱	توسعه شهید چمران	۵۳۸۰۵
۳	ناحیه عمرانی چهار دشت آزادگان	۱۸۷۰۰	۱۲	کوثر	۱۲۸۸۰
۴	ناحیه عمرانی سه دشت آزادگان	۱۳۰۰۰	۱۳	کشت و صنعت نیشکر دهخدا	۱۲۰۰۰
۵	یزد نو	۴۵۸۰	۱۴	جفیر	۳۹۶۴۵
۶	نواحی عمرانی یک و دو دشت آزادگان	۲۴۶۴۹	۱۵	کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر	۱۲۰۰۰
۷	حمیدیه راست	۸۵۰۲	۱۶	کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان	۱۲۰۰۰
۸	حمیدیه چپ	۶۱۵۸	۱۷	کشت و صنعت اکالیپتوس	۱۸۴۱۵
۹	جنوب کرخه نور	۴۴۷۹۵	۱۸	غرب کارون	۴۰۰۰۰

در حال حاضر شبکه اصلی زهکشی طرح‌های منطقه غرب کارون و جنوب کرخه، شامل زهکش‌های اصلی طرح‌ها است که در زمان طراحی هر یک از پروژه‌ها، محل تخلیه‌ای هم برای آن‌ها در نظر گرفته شده که عمدتاً آب‌های سطحی یا تالاب‌ها بوده

1- San Joaquin Valley

است. زهکش‌های اصلی و نواحی تحت پوشش آن‌ها به شرح زیر بوده که در شکل (۱) نشان داده شده است.

زهکش WMD: پروژه‌های نواحی سه و چهار دشت آزادگان، یزد نو، قدس و زمزم و شمال هوفل،

زهکش CMD: پروژه‌های نواحی عمرانی یک و دو دشت آزادگان،

زهکش EMD: پروژه‌های حمیدیه چپ و راست و جنوب کرخه نور،

زهکش GMD: پروژه شهید چمران و توسعه آن،

زهکش DMD : پروژه‌های دهخدا و کوثر،

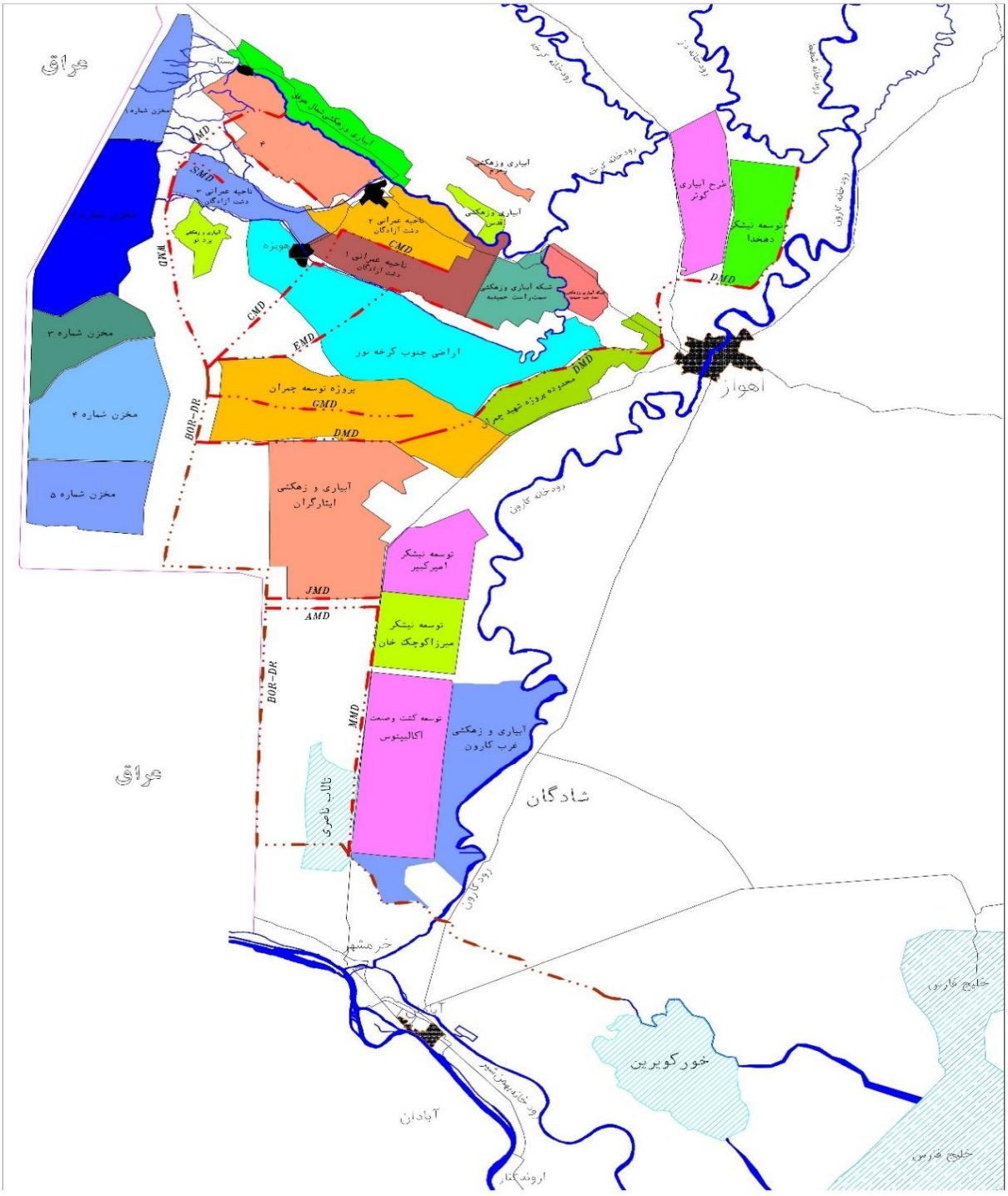
زهکش JMD: پروژه جفیر،

زهکش AMD: پروژه امیرکبیر،

زهکش MMD: پروژه میرزا کوچک خان،

زهکش KMD: پروژه اکالیپتوس،

زهکش WKD: پروژه غرب کارون.

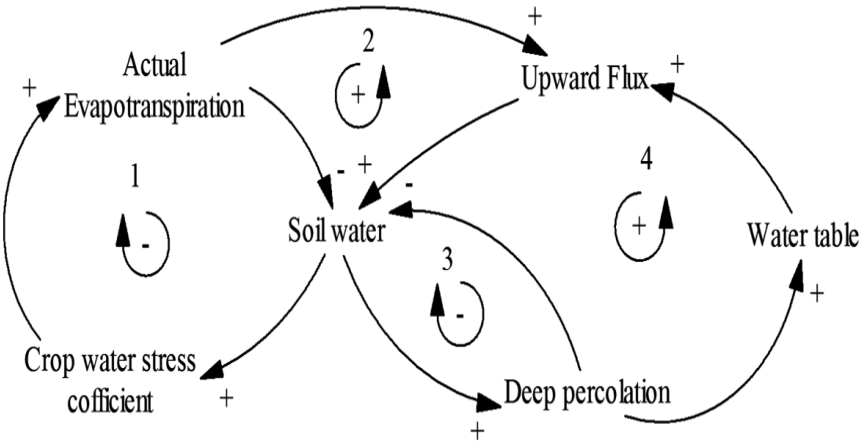


شکل ۱- پروژه‌های آبیاری و زهکشی محدوده مطالعه و زهکش‌های اصلی

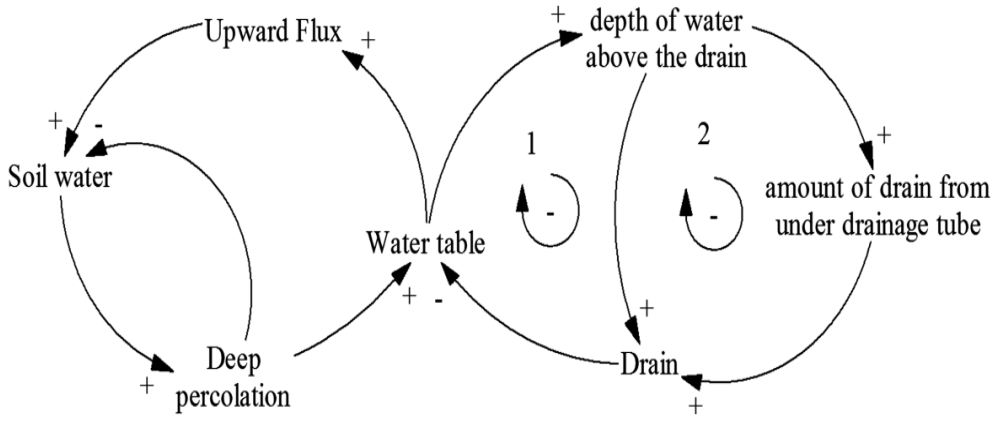
مدل پیش‌بینی کمی و کیفی زهاب

مدل مفهومی برای پیش‌بینی کمی و کیفی زهاب در این مطالعه به دو ناحیه اشباع و غیراشباع تفکیک می‌شود. ناحیه اشباع به چهار لایه تقسیم و هر لایه به صورت یک متغیر حالت[1] تعریف شده است. ناحیه غیراشباع به دو لایه فوقانی و تحتانی تقسیم شده است. ورودی لایه فوقانی شامل بارش یا آب آبیاری و جریان رو به بالا از تراز آب زیرزمینی و خروجی آن تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی است. آب ورودی به لایه تحتانی شامل نفوذ عمقی لایه فوقانی و جریان رو به بالا از آب زیرزمینی است و خروجی از این لایه شامل تبخیر و تعرق، نفوذ عمقی و نیز مقدار آبی است که از این لایه به سمت لایه‌های فوقانی حرکت می‌کند. در ناحیه اشباع که زیر سطح ایستابی واقع می‌شود، زهاب از دو قسمت فوقانی و تحتانی وارد زهکش می‌شود. سهم زهابی که از این دو ناحیه وارد زهکش می‌شود با استفاده از رابطه هوخهات تفکیک شده است.

در این بررسی از مدل ارائه‌شده توسط Nozari and Liaghat (2014) با روش تحلیل پویایی سامانه استفاده شده است. این روش بر پایه فرضیه فرآیندهای بازخوردی است که متأثر از رفتار گذشته سامانه است که از نتایج آن در رفتار آینده استفاده می‌شود. این فرآیند شامل حلقه‌های بازخوردی مثبت و منفی است که روابط علت و معلولی یک سامانه را نشان می‌دهند. حلقه منفی نشان می‌دهد که اگر علت افزایش یابد اثر آن کاهش دهنده است و برعکس. برای مثال با افزایش رطوبت خاک، نفوذ عمقی از ناحیه ریشه افزایش‌یافته و با افزایش نفوذ عمقی، رطوبت خاک در لایه فوقانی کاهش و در لایه تحتانی افزایش پیدا می‌کند. حلقه‌های علت و معلولی برای ناحیه غیراشباع، فرآیند زهکشی و پویایی نمک در خاک به ترتیب در شکل‌های (۲) تا (۴) ارائه شده است. ابزار تحلیل سامانه مورد استفاده برای این مدل‌سازی محیط Vensim بوده است.

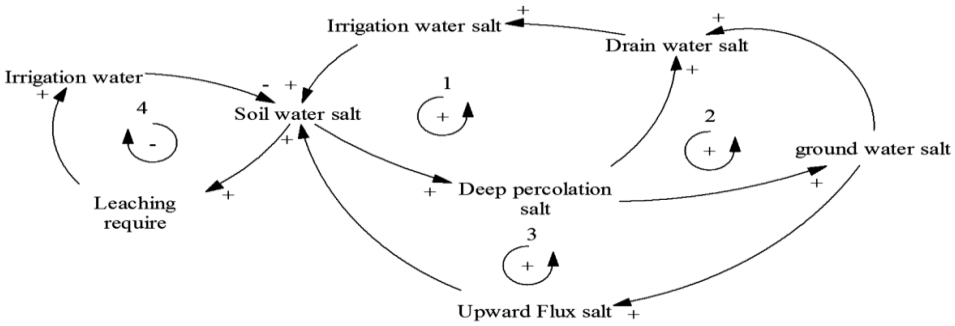


شکل ۲- حلقه‌های علت و معلولی در ناحیه غیراشباع (Nozari and Liaghat, 2014)



شکل ۳- حلقه‌های علت و معلولی در فرآیند زهکشی (Nozari and Liaghat, 2014)

1-State variable



شکل ۴- حلقه‌های علت و معلولی پویایی نمک (Nozari and Liaghat, 2014)

این مدل با استفاده از اطلاعات هواشناسی، خاکشناسی، آبیاری، آب زیرزمینی، الگوی کشت و طرح زهکشی، شوری (به عنوان مهمترین عامل محدودکننده در مدیریت زهاب) و کمیت زهاب را پیش‌بینی می‌کند. اطلاعات مورد نیاز مدل در پروژه‌های در حال بهره‌برداری، از محل پروژه‌ها جمع‌آوری شد. در پروژه‌های در حال احداث یا مطالعه، اطلاعات مورد نظر از گزارش‌های طراحی استخراج شد.

برای اعتباریابی نتایج مدل، مطالعه موردی بر روی یک مزرعه ۲۵ هکتاری واقع در اراضی مرکز تحقیقات نیشکر واقع در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر صورت گرفت. برای بررسی نوسانات سطح ایستابی در این مزرعه، سه دسته پیزومتر در فواصل ۱۰۰، ۲۵۰ و ۳۷۵ متری از جمع کننده‌ها نصب شد. در طی دوره آبیاری نیشکر (فروردین تا شهریور) پارامترهای نوسانات سطح ایستابی، دبی زهکش‌ها، شوری آب آبیاری، شوری آب داخل پیزومترها و شوری زهاب به صورت روزانه اندازه‌گیری شد. با اجرای مدل فوق برای شرایط مزرعه روند تغییرات تراز سطح آب، دبی زهاب خروجی، شوری زهاب و شوری آب زیرزمینی به‌صورت روزانه مورد بررسی قرار گرفت. با تجزیه و تحلیل آماری و محاسبه خطای استاندارد (SE) و درصد خطا نسبت به میانگین (RSE)، میزان برازش مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده روزانه پارامترهای فوق محاسبه شد. خطای استاندارد پارامترها به‌ترتیب ارائه‌شده ۱۴/۴ سانتی‌متر، ۰/۴۳ لیتر بر ثانیه، ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر و خطای استاندارد شوری آب زیرزمینی در سه عمق از بالا به پایین به ترتیب ۰/۴۹، ۰/۲۹ و ۰/۳۶ دسی‌زیمنس بر متر برآورد شد که دقت نسبتاً خوبی را نسبت به شرایط واقعی نشان می‌دهد. همچنین، شاخص آماری RSE برای پارامترهای فوق به‌ترتیب برابر با ۸، ۲۰، ۱۹، ۱۲/۹، ۷/۵ و ۸/۲ درصد براورد شد که تطابق نسبی بین داده‌ها را تصدیق می‌کند. برای جزئیات بیشتر در مورد مدل به مقاله Nozari & Liaghat (2014) مراجعه شود.

برای بررسی قابلیت نوتریفیکاسیون این زهاب‌ها، مقادیر نیتروژن و فسفر موجود در آن‌ها (به عنوان مهمترین نوتریفیکانت‌ها) در چهار دوره به صورت فصلی اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری‌ها در ۱۰ نقطه واقع در شبکه‌های آبیاری و زهکشی در حال بهره‌برداری منطقه شامل: کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر (۲ نقطه)، کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان (۱ نقطه)، نیشکر هفت‌تپه (۳ نقطه)، نیشکر کارون (۲ نقطه)، زهکش EMD (۱ نقطه) و زهکش CMD (۱نقطه) انجام شد.

نتایج و بحث

وضعیت شوری خاک و آب زیرزمینی

نتایج بررسی مطالعات خاکشناسی پروژه‌ها نشان می‌دهد که بافت غالب خاک در این منطقه لوم رسی سیلتی است. اراضی منطقه مورد مطالعه به شدت با مسئله شوری خاک روبرو است، به طوری که بر اساس روش طبقه‌بندی خاک‌های شور و سدیمی (Mahler, 1979)، تنها نیم درصد از اراضی مشکل شوری ندارند و باقی آن‌ها در سطوح متفاوت شوری طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۲). شوری آب زیرزمینی در بیش از ۹۰ درصد از اراضی بیشتر از ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر است که مشکل شوری خاک را تشدید می‌کند. عمق آب زیرزمینی در چهار درصد از اراضی مورد مطالعه کمتر از یک متر، در ۴۰ درصد بین یک تا دو متر، در ۲۷ درصد بین دو تا سه متر و در ۲۹ درصد از اراضی بیش از سه متر است.

جدول ۲- اطلاعات شوری خاک در اراضی مورد مطالعه

سطح محدودیت شوری اراضی	بدون محدودیت شوری	شوری کم	شوری متوسط	شوری زیاد	شوری بسیار زیاد	ارزیابی نشده
شوری عصاره اشباع خاک (dS/m)	کمتر از ۴	بین ۴ تا ۸	بین ۸ تا ۱۶	بین ۱۶ تا ۳۲	بیش از ۳۲	
درصد از اراضی	۰/۵	۹/۳	۱۷/۷	۳۰/۷	۳۴/۰	۷/۸

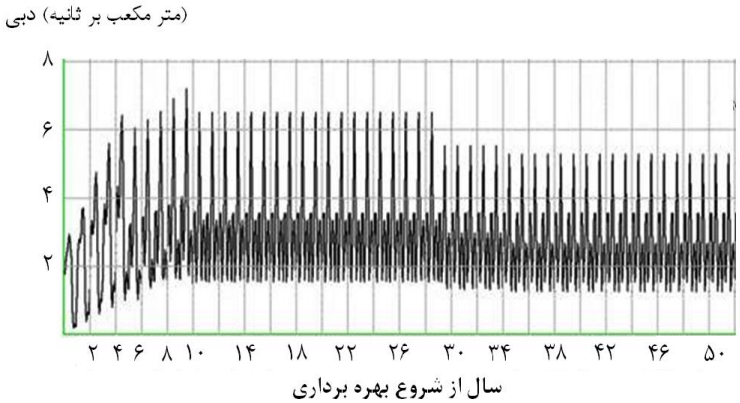
برنامه‌ریزی مدیریت زهاب: دفع یا استفاده مجدد؟

انتخاب روش دفع زهاب و یا استفاده مجدد از آن بیش از هر چیز به کیفیت زهاب بستگی دارد. چنانچه کیفیت زهاب برای استفاده مجدد مناسب نباشد، تخلیه آن به دریاها و اقیانوس‌ها و یا حوضچه های تبخیری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. در خصوص منطقه مورد مطالعه، برای دفع زهاب‌های غیرقابل استفاده گزینه‌هایی مانند استفاده از حوضچه‌های تبخیری و تخلیه به خلیج فارس می‌تواند مورد نظر قرار بگیرد. چنان چه کیفیت زهاب از حد معینی بهتر باشد، زهاب را می‌توان به عنوان یک منبع آب قابل استفاده در نظر گرفت و مصارفی مانند اختلاط با آب آبیاری، استفاده در پایین‌دست با کشت گیاهان مقاوم به شوری، تقویت عرصه‌های منابع طبیعی، تغذیه پیکره‌های آب شیرین مانند رودخانه‌ها و تالاب‌ها برای آن لحاظ شود.

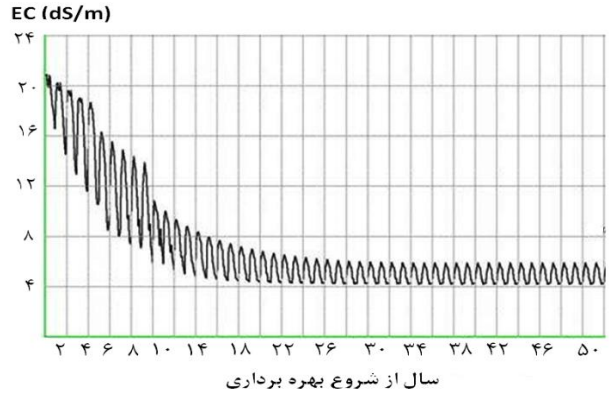
چون عمده شبکه‌های آبیاری و زهکشی در این ناحیه در حال احداث می‌باشند، همزمان با اتمام احداث آن‌ها و شروع آبشویی و اصلاح خاک، زهاب از اراضی تولید خواهد شد. بنابراین سرعت اجرای شبکه‌های آبیاری و زهکشی در حقیقت سرعت پیوستن اراضی به تولید زهاب را نشان می‌دهد. از آنجا که سرعت احداث به عوامل مختلفی بستگی دارد، سناریوهای متفاوتی برای آن در نظر گرفته شده است. نتایج این بررسی بر اساس سناریوی بیشتر پذیرفته شده احداث سالانه ۱۰۰۰۰ هکتار شبکه آبیاری و زهکشی زیرزمینی است. به عبارت دیگر پیش‌بینی کمیت و کیفیت زهاب در زهکش‌های اصلی محدوده مورد مطالعه در طول زمان، از شروع بهره‌برداری طرح‌ها مطابق سناریو ارائه شده است.

پیش‌بینی مدل از تغییرات دبی و شوری زهاب در زهکش‌های WMD، CMD و EMD و همچنین تغییرات شوری در زهکش‌های DMD و GMD در طول دوره بهره‌برداری در شکل‌های (۵) تا (۱۲) نشان داده شده است. در ماه با حداکثر آبیاری که برای کشت‌های غیر نیشکر در این منطقه معمولاً ماه فروردین یا اردیبهشت است، کمیت زهاب افزایش و شوری آن کاهش می‌یابد. برعکس در ماه‌های بدون آبیاری، کمترین زهاب با بیشترین شوری دفع می‌شود. بررسی روند طولانی مدت نشان‌دهنده بهبود کیفیت در دوره بهره‌برداری است. همچنین مدل با سوابق کمی و کیفی زهاب در پروژه‌های در حال بهره‌برداری و موجود کالیبره شده است. به جز روند عمومی کاهش شوری، نوساناتی که در شوریِ پیش‌بینی شده زهکش‌ها در طول دوره بهره‌برداری وجود دارد، به ویژه در پیش‌بینی شوری زهکش‌های CMD و EMD (به ترتیب شکل‌های ۸ و ۱۰)، ناشی از پیوستن شبکه‌های جدید آبیاری و زهکشی است که در سال‌های اول بهره‌برداری، بار نمک بالایی را به زهکش‌های پذیرنده خود تحمیل می‌کنند.

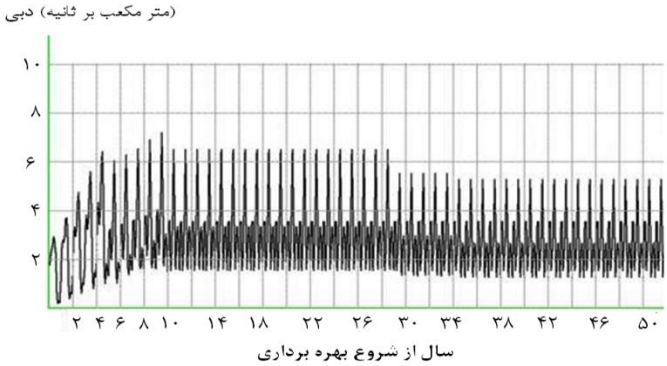
مانند هر ساختمان هیدرولیکی، طراحی زهکش‌ها نیز نیازمند دانستن دبی طراحی است. حداکثر دبی برآورد شده با این مدل، مبنای طراحی هیدرولیکی زهکش‌ها خواهد بود. برای مثال حداکثر دبی در زهکش WMD که در فروردین سال نهم اتفاق خواهد افتاد، دبی طراحی این زهکش را تعیین می‌کند. حداکثر شوری سالانه، روش مدیریت زهاب را (دفع یا استفاده مجدد) تعیین خواهد کرد. البته چون شوری زهاب در طول دوره بهره‌برداری بهبود پیدا می‌کند، راهکارهای مدیریت زهاب متناسب با بهبود کیفیت در طول زمان تغییر خواهد کرد. میزان شوری زهاب که مرز بین دفع و استفاده مجدد را مشخص می‌کند، به حداقلِ شوریِ قابل استفاده در مصارف بازگردانیِ تعریف‌شده و شوری پایین‌دست بستگی دارد. چنانچه بازگردانی زهاب با هدف کشت گیاهان زراعی مقاوم به شوری باشد، شوری قابل پذیرش در حدود هشت دسی‌زیمنس بر متر خواهد بود که برای کشت گیاهانی چون جو، چغندر قند، کلزا و پنبه مناسب است (Homaee, 2002). چنانچه متوسط وزنی سالانه شوری زهاب بیش از هشت دسی‌زیمنس بر متر باشد، زهاب قابل بازگردانی نبوده و ناگزیر دفع آن به یک منبع پذیرنده با کمترین ریسک زیست‌محیطی می‌تواند مطرح باشد.



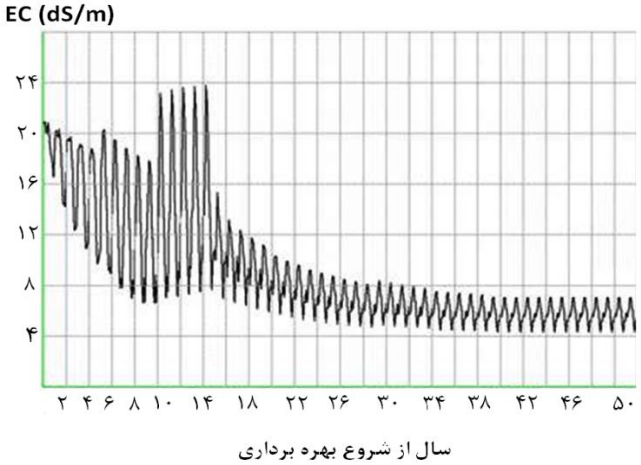
شکل ۵- پیش‌بینی تغییرات دبی زهاب در زهکش WMD در طول دوره بهره‌برداری



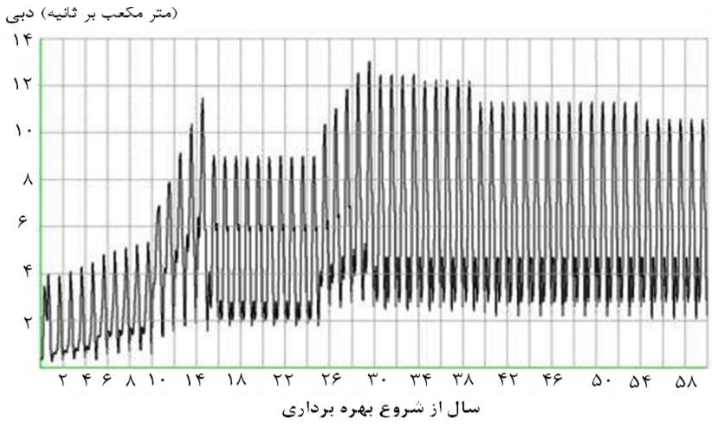
شکل ۶- پیش‌بینی تغییرات شوری زهاب در زهکش WMD در طول دوره بهره‌برداری



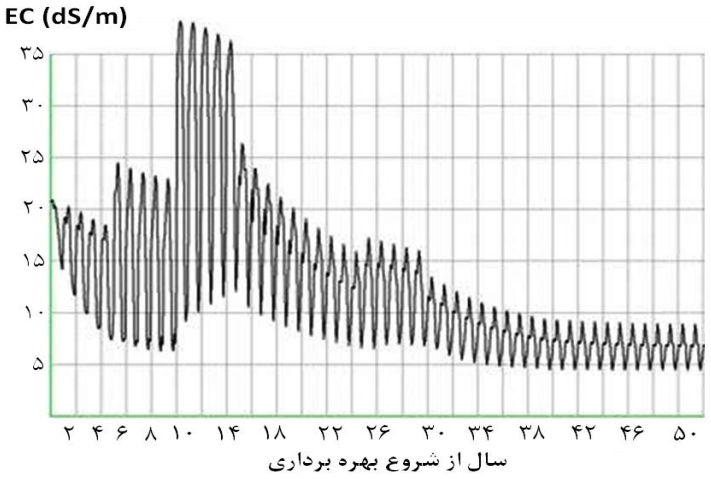
شکل ۷- پیش‌بینی تغییرات دبی زهاب در زهکش CMD در طول دوره بهره‌برداری



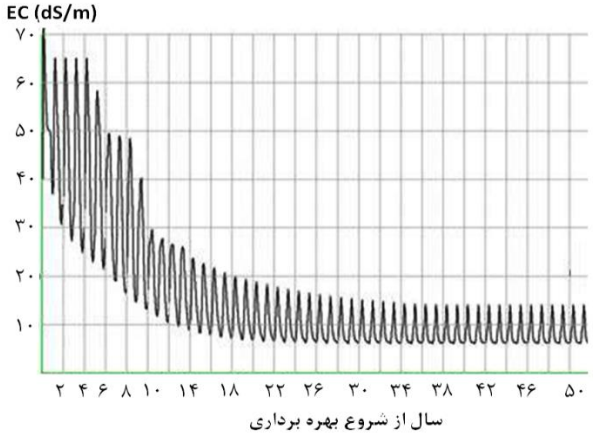
شکل ۸- پیش‌بینی تغییرات شوری زهاب در زهکش CMD در طول دوره بهره‌برداری



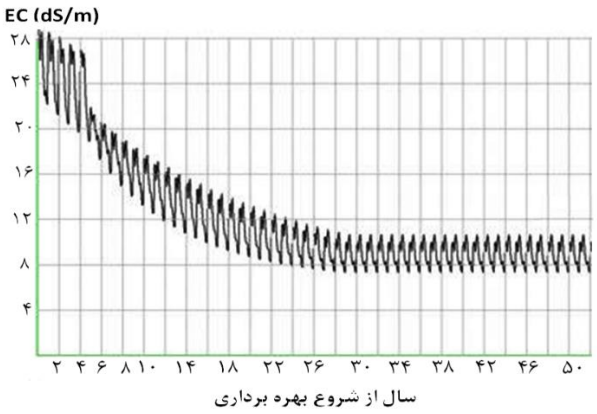
شکل ۹- پیش‌بینی تغییرات دبی زهاب در زهکش EMD در طول دوره بهره‌برداری



شکل ۱۰- پیش‌بینی تغییرات شوری زهاب در زهکش EMD در طول دوره بهره‌برداری



شکل ۱۱- پیش‌بینی تغییرات شوری زهاب در زهکش DMD در طول دوره بهره‌برداری



شکل ۱۲- پیش‌بینی تغییرات شوری زهاب در زهکش GMD در طول دوره بهره‌برداری

مطابق برآورد مدل، متوسط وزنی سالانه شوری زهاب در زهکش WMD تا سال یازدهم بیش از هشت دسی‌زیمنس بر متر است. به همین ترتیب کیفیت متوسط وزنی سالانه زهاب در زهکش CMD تا سال بیست و یکم به ۷/۹۸ دسی‌زیمنس بر متر خواهد رسید و تا سال سی و هشتم تا حدود شش دسی‌زیمنس بر متر بهبود خواهد یافت. متوسط وزنی سالانه شوری زهاب در زهکش EMD تا سال سی و پنجم بیشتر از هشت دسی‌زیمنس بر متر خواهد بود. به همین ترتیب متوسط وزنی سالانه شوری زهاب در زهکش GMD تا سال پنجاه و دوم، به نه دسی‌زیمنس بر متر و در زهکش DMD تا سال پنجاه و دوم به ۷/۳۴ دسی‌زیمنس بر متر خواهد رسید. متوسط وزنی سالانه شوری زهاب در زهکش‌های MMD و AMD (کشت و صنعت‌های نیشکر) در حال حاضر کمتر از شش دسی زیمنس بر متر است، بنابراین می‌تواند برای کشت گیاهان زراعی مقاوم به شوری به‌کار

رود. البته زهاب این کشت و صنعت‌ها، در برنامه‌ریزی فعلی دستگاه‌های اجرایی، برای تأمین آب کشت و صنعت اکالیپتوس شمال خرمشهر استفاده خواهد شد. میانگین متوسط وزنی سالانه شوری زهاب در زهکش‌های JMD، WKD و KMD هیچ‌گاه بهتر از ۱۴/۶۶ دسی زیمنس بر متر نخواهد شد که دلیل آن زهاب تغلیظ شده پروژه کاشت اکالیپتوس است که از زهاب طرح‌های امیرکبیر و میرزا کوچک‌خان آبیاری می‌شود. بنابراین آنچه مسلم است حداقل تا ۱۰ سال، کیفیت زهاب‌های حاصله از طرح‌های حوضه جنوب کرخه و غرب کارون، به جز کشت و صنعت‌های نیشکر، برای کشت گیاهان زراعی مقاوم به شوری مناسب نیست و دفع آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است.

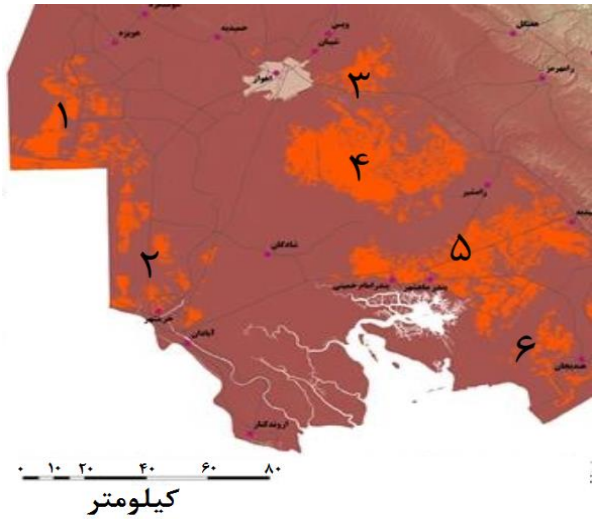
اما یک راهکار دیگر برای استفاده مجدد از زهاب‌ها، استفاده از آن‌ها برای تقویت عرصه منابع طبیعی است. فهرستی از گونه‌های شورزی که یا بومی منطقه هستند و یا غیربومی هستند ولی در آزمایش‌ها و پروژه‌های اجرایی استان خوزستان موفق عمل کرده‌اند، در جدول (۳) ارائه شده است. با توجه به مقاومت این گیاهان به شوری، زهاب موجود در زهکش‌های بررسی‌شده (به جز ۱۰ سال اول در زهکش DMD) قابل استفاده برای توسعه پوشش گیاهی عرصه‌های منابع طبیعی است.

اصلی‌ترین چالش در توسعه پوشش گیاهی در کانون‌های تولید گرد و غبار در جنوب استان خوزستان، تأمین آب مورد نیاز آن‌ها است. شکل (۱۳) نشان‌دهنده کانون‌های داخلی تولید گرد و غبار در جنوب غربی استان خوزستان، طبق مطالعات سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۹۴) است. از مقایسه موقعیت این کانون‌ها با موقعیت زهکش‌های طرح‌های آبیاری و زهکشی (به ویژه در غرب رودخانه کارون) در شکل (۱) و همچنین تناسب کیفیت این زهاب‌ها با مقاومت به شوری گونه‌های یادشده شده در جدول (۳)، مشخص می‌شود که توسعه پوشش گیاهی با این زهاب‌ها در آینده نزدیک امکان‌پذیر خواهد بود.

جدول ۳- گونه‌های شورزی بومی جنوب خوزستان و یا غیربومی با تجربه کشت موفق در منطقه*

نام علمی	وضعیت	خانواده	حدود تحمل به شوری با احتساب ۵۰ درصد کاهش محصول* ECe(dS/m)
Acacia acuminate	کشت شده	Mimosaceae	۲۷/۷
Acacia ampliceps	کشت شده	Mimosaceae	۳۵/۷
Acacia salicina	کشت شده	Mimosaceae	۲۴/۵
Acacia saligna	کشت شده	Mimosaceae	۱۵/۷
Acacia sclerosperma	کشت شده	Mimosaceae	۳۸/۷
Prosopis juliflora	کشت شده	Mimosaceae	۳۵/۳
Cassia nemophila	کشت شده	Pappilionaceae	۱۶/۸
Lotus corniculatus	بومی	Pappilionaceae	۱۶/۷
Atriplex lentiformis	کشت شده	Chenopodiaceae	۲۳
Atriplex nummularia	کشت شده	Chenopodiaceae	۳۸
Atriplex semibaccata	بومی	Chenopodiaceae	۲۵
Kochia scoparia	بومی	Chenopodiaceae	۳۸
Salicornia sinus-persica	بومی	Chenopodiaceae	۵۶
Suaeda fruticosa	بومی	Chenopodiaceae	۴۸
Chloris gayana	کشت شده	Graminea	۲۵
Cynodon dactylon	بومی	Graminea	۱۳/۲ – ۲۱
Leptochloa fusca	کشت شده	Graminea	۱۴/۶ – ۲۲
Panicum antidotale	کشت شده	Graminea	۱۶
Polypogon monspeliensis	بومی	Graminea	۱۳/۷
Sporobolus arabicus	بومی	Graminea	۲۱/۷
Brassica napus	بومی	Brasicaceae	۱۹/۵
Eucalyptus microtheca	کشت شده	Myrtaceae	۲۷/۹
Eucalyptus sargenti	کشت شده	Myrtaceae	۳۵

* **Akhter *et al.*, 2003**



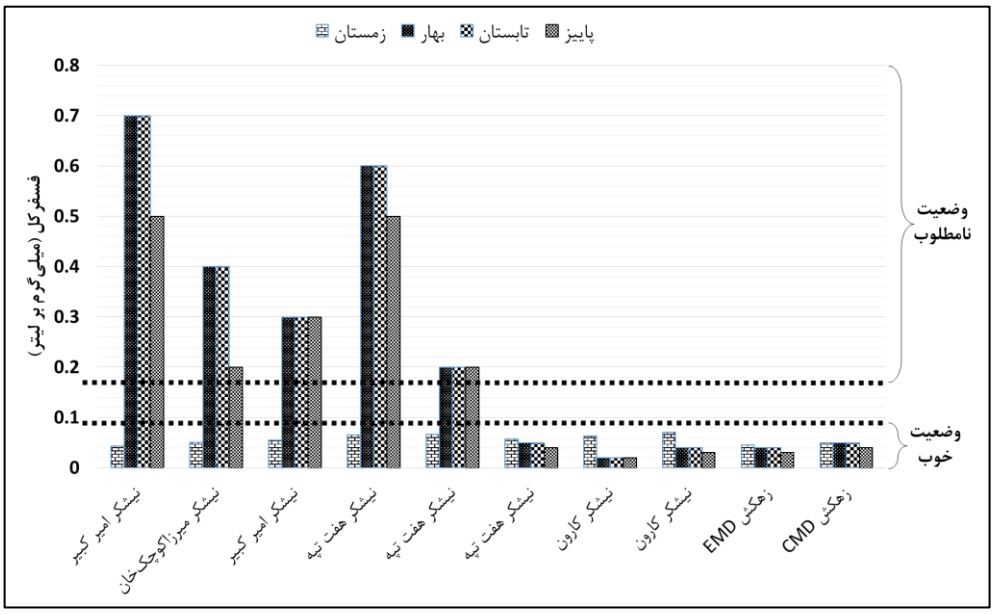
شکل ۱۳- کانون‌های داخلی تولید گرد و غبار در جنوب غربی استان خوزستان (Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, 2015)

البته همان طور که در بررسی منابع آمده است، برای جلوگیری از تجمع نمک در زمین‌هایی که با زهاب آبیاری خواهند شد، احداث سامانه زهکشی و در نتیجه تولید زهاب تغلیظ شده ناشی از آن اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. بار نمک حاصله باید به طور بی‌خطری دفع شود. مطابق بررسی‌های انجام‌شده تخلیه زهاب با کیفیت پیش‌بینی شده به دریا (در اینجا خلیج فارس) کمترین ضرر زیست‌محیطی را از بین گزینه‌های دیگر (تخلیه به تالاب‌های طبیعی در خوزستان از قبیل تالاب شادگان و هورالعظیم و یا تالاب‌های مصنوعی مانند تالاب ناصری) در بر خواهد داشت و توسط سایر پژوهشگران نیز توصیه شده است (Ritzema, 2016; Skogen *et al.*, 2014). زهکش سرتاسری BOR-DR (شکل ۱) زهاب غیرقابل استفاده تمامی پروژه‌های منطقه را از شمالی‌ترین نقطه یعنی زهکش WMD تا جنوبی‌ترین نقطه یعنی زهکش WKD دریافت کرده و به سمت جنوب در محل تخلیه به خور کویرین واقع در شمال خلیج فارس هدایت می‌کند. تخلیه زهاب‌ها به پیکره اصلی خلیج فارس مستلزم احداث مسیر انتقال طولانی‌تر و البته با هزینه اجرایی بالاتر خواهد بود.

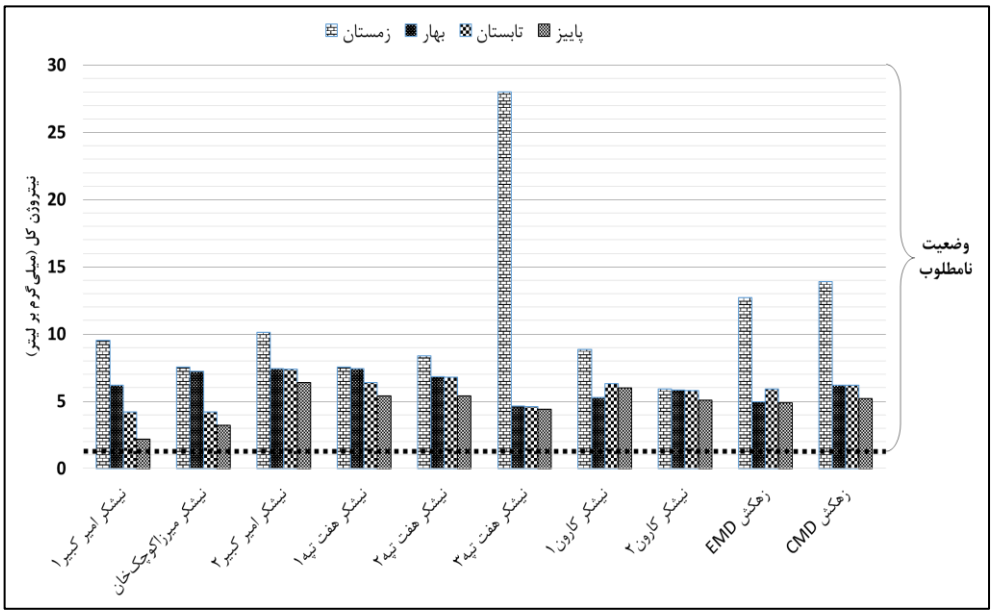
بررسی ریسک زیست‌محیطی تخلیه زهاب به خور کویرین

خورها به‌دلیل موقعیت مکانی خود در حدفاصل دریا و خشکی، دارای تأثیرپذیری بالایی از خشکی‌های اطراف هستند از سوی دیگر به دلیل مقادیر تولیدات اولیه بالا (مانند فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها)، به‌عنوان مناطق مهم زیستی برای گذراندن دوران لاروی بسیاری از آبزیان محسوب می‌شوند (Dehghan Madiseh *et al.*, 2009). ورود مواد بیوژن به منابع آب‌های طبیعی به‌ویژه خورها می‌تواند عواقبی مانند یوتریفیکاسیون، شکوفایی جلبکی و مرگ‌ومیر آبزیان را به همراه داشته باشد (Dehghan Madiseh *et al.*, 2009). شوری می‌تواند تنوع گونه‌ای و فراوانی کفزیان به‌ویژه پُرتاران را تحت تأثیر قرار دهد (Shakouri *et al.*, 2008; Bochert *et al.*, 1996). خورهای جنوب خوزستان عموماً شورتر از آب خلیج‌فارس هستند، به همین دلیل انتظار می‌رود که از نظر تنوع گونه‌ای آبزیان فقیرتر از دریا باشند (Shakouri *et al.*, 2008).

بررسی Dolah *et al.* (2006) بر اساس شاخص امتیازبندی کیفی آب‌های مصبی، مقادیر فسفر کل بیش از ۰/۱۷ و نیتروژن کل بیش از ۱/۲۹ میلی‌گرم بر لیتر را به‌عنوان امتیاز کیفی نامطلوب برای زیست‌مندان دریایی تعیین کرده است. با توجه به مقادیر فسفر کل اندازه‌گیری شده در نقاط نمونه‌برداری (شکل ۱۴)، تمامی نقاط در مرحله اول نمونه‌برداری مقادیر فسفر کل در محدوده کیفیت خوب را نشان دادند، اما در مراحل دوم، سوم و چهارم نمونه‌برداری، ایستگاه‌های نیشکر میرزاکوچک‌خان، هردو ایستگاه نیشکر هفت‌تپه و هردو ایستگاه نیشکر امیرکبیر از نظر مقدار فسفر کل در محدوده‌ی نامطلوب قرار گرفته و سایر ایستگاه‌ها همواره از نظر مقدار فسفر در محدوده‌ی وضعیت خوب قرار گرفتند. هرچند سابقه مطالعات کیفیت آب در خور کویرین یافت نشد، اما چنین سوابقی در خور ماهشهر (خور موسی)، به عنوان نزدیکترین خور به کویرین وجود دارد. در بررسی Dehghan Madiseh *et al.* (2009) کیفیت آب خوریات ماهشهر بر اساس شاخص WQS (Dolah *et al.*, 2006) در محدوده نامطلوب ارزیابی شد (فسفر ۰/۶۶–۰/۴۲ و نیتروژن ۱/۲۶-۱/۰۳ میلی‌گرم در لیتر). در مطالعه حاضر، محتوای فسفر زهاب‌ها ۰/۷-۰/۰۴۳ و نیتروژن ۲۸-۲/۲ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد که در مورد نیتروژن مقادیر بسیار بالاتری را نسبت به خور ماهشهر نشان داد (شکل ۱۵). بنابراین تخلیه زهاب‌ها می‌تواند موجب افزایش غلظت نیتروژن در خور شود.



شکل ۱۴- مقادیر فسفر کل اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه در چهار فصل



شکل ۱۵- مقادیر نیتروژن کل اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه در چهار فصل

شرکت نیتروژن در فرآیند نوتریفیکاسیون همبستگی تنگاتنگی با فسفر دارد، به عبارت دیگر، حداقلی از فسفر باید در محیط وجود داشته باشد تا نیتروژن در فرآیند نوتریفیکاسیون فعال شود. نسبت محتوای نیتروژن به فسفر در منابع آب دریاها و اقیانوس‌ها معادل ۱۶ به ۱ است که به عنوان نسبت ردفیلد شناخته می‌شود (Redfield, 1934). این نسبت به‌عنوان استاندارد مورد پذیرش جوامع علمی بوده و به عنوان شاخصی برای تشخیص محدودیت این عناصر در نظر گرفته می‌شود (Falkowski, 1997; Choudhury and Bhadury, 2015). مطابق اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در این پژوهش، میانگین نسبت نیتروژن به فسفر در زهکش‌ها ۳۸/۸۱ است که بیش از ۲/۴ برابر نسبت استاندارد این عناصر در طبیعت یعنی (۱۶:۱) است. به عبارت دیگر هرچند به نظر می‌رسد تخلیه زهاب این طرح به خور کویرین سبب رهاسازی مقادیر بالای نیتروژن به آن می‌شود، اما با توجه به پایین بودن مقدار فسفر این زهاب‌ها، نیتروژن اضافی وارد چرخه تولید نشده و موجب یوتریفیکاسیون نمی‌شود. اما مسلم است که در صورت ورود مقادیر بیشتر فسفر به این مناطق، بخشی از نیتروژن بلااستفاده مانده در این مناطق، وارد چرخه

فتوسنتز شده و یوتریفیکاسیون را در پی خواهد داشت. در نهایت نباید این مسئله را از نظر دور داشت که ورود مواد بیوژن مانند فسفر و نیتروژن در مقادیر فعلی از طریق زه‌آب‌ها نیز به‌طور بالقوه می‌تواند عواقبی مانند یوتریفیکاسیون را در خور پذیرنده در پی داشته باشد.

در بررسی حاضر با توجه به بررسی راهکارهای مختلف مدیریت زهاب و کیفیت پایین زهاب زهکش سرتاسری BOR-DR و همچنین دبی نسبتاً بالای آن و از سوی دیگر با در نظر گرفتن امتیازبندی راهکارهای ممکن دیگر بر اساس قابلیت اجرا و هزینه‌های مورد نیاز و همچنین اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی مترتب بر آن‌ها، به نظر می‌رسد حداقل در ۲۰ سال اول بهترین گزینه برای مدیریت زه‌آب‌ها، انتقال آن‌ها به خور کویرین است. تخلیه زهاب به خور کویرین، هزینه‌ی احداث کانال برای تخلیه مستقیم به درون خلیج‌فارس را کاهش داده و از سویی فرآیند جزر و مد به تعدیل غلظت زهاب و تخلیه آن به درون خلیج‌فارس کمک می‌کند. ازآنجاکه شوری آب خورهای جنوب خوزستان عمدتاً حدود ۴۲ گرم در لیتر (تقریباً معادل ۶۵/۶ دسیزیمنس‌بر متر) است (Amin-Sobhani, 1997)، تخلیه زه‌آب‌ها به این خور شوک شوری شدیدی را به همراه نخواهد داشت. در نهایت با آگاهی از کیفیت پایین زهاب حاصل از شبکه‌های آبیاری و زهکشی موردمطالعه و علی‌رغم وجود خطرات بالقوه زیست‌محیطی، محدودیت‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فنی، راه‌حل تخلیه زهاب به خور کویرین در مجموع به‌عنوان بهترین گزینه پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

با گسترش شبکه‌های آبیاری و زهکشی در جنوب خوزستان حجم قابل‌توجهی از زهاب تولید خواهد شد که باید قبل از احداث آن‌ها، برای مدیریت زهاب در کل منطقه برنامه مشخصی وجود داشته باشد. مدیریت زهاب به کمیت و کیفیت آن که مرتباً در حال تغییر است، وابسته است. بنابراین به عنوان اولین گام مدلی توسعه داده شد که بتواند کمیت و کیفیت زهاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی را در طول دوره بهره‌برداری پیش‌بینی کند. شوری پیش‌بینی شده با این مدل، مبنای تصمیم‌گیری برای روش استفاده مجدد و یا برنامه‌ریزی برای دفع زهاب قرار خواهد گرفت.

چنان‌چه بازگردانی زهاب با هدف کشت گیاهان زراعی مقاوم به شوری باشد، شوری قابل پذیرش در حدود هشت دسی زیمنس بر متر خواهد بود و زهاب‌های با شوری بیشتر باید دفع شود. بنابراین به جز زهاب کشت و صنعت‌های نیشکر، زهاب سایر شبکه‌های آبیاری و زهکشی تا مدت‌ها قابل استفاده نخواهند بود. البته شوری زهاب در طول دوره بهره‌برداری بهبود پیدا می‌کند و راهکارهای مدیریت زهاب متناسب با بهبود کیفیت تغییر خواهد کرد. با توجه به نزدیکی زهکش‌های اصلی منطقه طرح به کانون‌های داخلی تولید گرد و غبار در جنوب خوزستان و همچنین تناسب کیفیت این زهاب‌ها با مقاومت به شوری گونه‌های شورزی بومی و موفق، می‌توان از این زهاب‌ها برای تقویت عرصه منابع طبیعی استفاده نمود. بدین ترتیب تأمین آب مورد نیاز، به‌عنوان اصلی‌ترین چالش در توسعه پوشش گیاهی کانون‌های تولید گرد و غبار، قابل حل خواهد بود. البته در نهایت برای جلوگیری از تجمع نمک در اراضی مورد نظر برای کشت گیاهان شورزی، زهکشی زیرزمینی اجتناب‌ناپذیر است و زهاب حاصله (که بسیار شورتر از زهاب اولیه خواهد بود) باید به روشی بی‌خطر دفع شود. در این پژوهش تخلیه به خور کویرین، گزینه‌ای با کمترین ضرر زیست‌محیطی ارزیابی شده است.

در مورد استفاده از نتایج این این تحقیق دو نکته باید در نظر گرفته شود: ۱) نتایج این مطالعه در سطح وسیع (حداقل در مقیاس شبکه آبیاری و زهکشی) ارزیابی نشده است. توصیه می‌شود قبل از استفاده عملیاتی چنین ارزیابی انجام شود تا اطمینان کافی از نتایج وجود داشته باشد. ۲) عوامل اقلیمی یکی از مهمترین فاکتورهای تاثیرگذار بر مدیریت منابع آب، از جمله مدیریت زهاب‌ها هستند. این مطالعه تغییرات اقلیمی را مدنظر نداشته است، ولی در پژوهش‌های آینده این فرض می‌تواند در نظر گرفته شود.

REFERENCES

Abdel-Gawad, S. T., Abdel-Khalek, M. A., & Boels, D. (1991). Analysis of water management in the eastern Nile Delta: final report reuse model. Cairo, Egypt, and Wageningen, The Netherlands. Drainage Research Institute and DLO-Winand Staring Centre. Reuse of Drainage Water Project Report, 30, 245.

Akhter, J., Ahmed, S. and Malik, K. A. (2003). Use of Brackish-Water for Agriculture: Growth of Salt-Tolerant Plants and their Effects on Soil-Properties. Water Resources in the South: Present Scenario and Future Prospects, 162.

Amin-Sobhani, A. (1997). Musa Bay. *Journal of Humanities*, 1 & 2(75-86). (In Farsi)

Barnes, J. (2014). Mixing waters: The reuse of agricultural drainage water in Egypt. Geoforum, 57, 181-191.

Bochert, R., Zettler, M. L. and Bochert, A. (1996). Variation in the reproductive status, larval occurrence and recruitment in an estuarine population of Marenzelleria viridis (Polychaeta: Spionidae). *Ophelia*, *45*(2), 127-142.

Choudhury, A. K. and Bhadury, P. (2015). Relationship between N: P: Si ratio and phytoplankton community composition in a tropical estuarine mangrove ecosystem. *Biogeosciences Discussions*, (3), 2307-2355.

Dehghan Madiseh, S., Sabzalizadeh, S. and Kianersi, F. (2009). Water quality determination in Khuzestan creeks, northwest of Persian Gulf using WQS Index. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 18(1), 65-72. (in Farsi)

Falkowski, P. G. (1997). Evolution of the nitrogen cycle and its influence on the biological sequestration of CO2 in the ocean. *Nature*, 387(6630), 272.

Geological Survey and Mineral Exploration of Iran. (2015). Identification of Dust Storm Origin Centers in Khuzestan Province. 73 Pages. (In Farsi)

Homaee, M. (2002). The Reaction of Plants to Salinity. Iranian National Committee of Irrigation and Drainage. 107 Pages. (In Farsi)

Jafari, S., Naseri, A., Hajishah, M. and Sharifipour, M. (2009) Predicting Drainage Water Quality Produced by Reclaiming and Using of Khuzestan's Saline- Sodic Soils. 2th Iranian National Conference of Irrigation and Drainage Networks Management. Shahid Chamran University of Ahwaz. (In Farsi)

Johnston, W. R. (1993). Changes in subsurface drainage water salinity and boron concentrations. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 119(1), 201-206.

Jury, W. A., Tuli, A. and Letey, J. (2003). Effect of travel time on management of a sequential reuse drainage operation. *Soil Science Society of America Journal*, 67(4), 1122-1126.

Mahler, P. (1979). Manual of Land Classification for Irrigation. (3nd Ed) *Soil and Water Research Institute of Iran*. Pub. No. 205.

Nozari, H. and Liaghat, A. (2014). Simulation of Drainage Water Quantity and Quality Using System Dynamics. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 140(11), 05014007.

Redfield, A. C. (1934). On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton. *James Johnstone Memorial Volume*, 176-192.

Rhoades, J. D. and Halvorson, A. D. (1977). Electrical conductivity methods for detecting and delineating saline seeps and measuring salinity in northern Great Plains soils [Excessive salt accumulation]. ARS-W-US Agricultural Research Service, Western Region (USA).

Rhoades, J. D., Manteghi, N. A., Shouse, P. J. and Alves, W. J. (1989). Soil electrical conductivity and soil salinity: New formulations and calibrations. *Soil Science Society of America Journal*, 53(2), 433-439.

Ritzema, H. P. (2016). Drain for Gain: Managing salinity in irrigated lands—a review. *Agricultural Water Management*, 176, 18-28.

Ritzema, H. P. and Braun, H. M. H. (2006). Environmental impact of drainage. In: Ritzema, H.P. (Ed.), Drainage Principles and Applications, 16, 3rd edition. ILRI Publication, Alterra-ILRI, Wageningen, 1041–1064.

Ritzema, H. P. and Stuyt, L. C. P. M. (2015). Land drainage strategies to cope with climate change in the Netherlands. Acta Agriculture Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science, 65(sup1), 80-92.

Shakouri, A., Savari, A., Yavari, V. and Nabavi, M. B. (2008). Study on diversity indices and their correlation with environmental factors in polychaetes on four creeks of Mahshahr region. *Pajouhesh & Sazandegi*, 81, 136-148. (In Farsi)

Sharifipour, M., Naseri, A. A., Jafari, S. and Yazdanparast, S. (2013). Effect of Shallow and Saline Groundwater on Drain Water Salt Loud in South Khuzestan. 9th International Conference of River Engineering, Ahwaz, Iran.

Sharma, D. P., Rao, K. V. G. K., Singh, K. N. and Kumbhare, P. S. (1995). Recycling drainage effluent for irrigation. Reclamation and Management of Waterlogged Saline Soils (Rao *et al*. Eds.), 189-204.

Skogen, M. D., Eilola, K., Hansen, J. L., Meier, H. M., Molchanov, M. S. and Ryabchenko, V. A. (2014). Eutrophication status of the North Sea, Skagerrak, Kattegat and the Baltic Sea in present and future climates: A model study. *Journal of Marine Systems*, 132, 174-184.

Snellen, W.B. (1997). Towards integration of irrigation and drainage management: information on symposium background, objectives and procedures. In W.B. Snellen, ed. "Towards integration of irrigation and drainage management" Proceedings of the Jubilee Symposium.Wageningen, The Netherlands, ILRI.

Tanji, K. K. and Kielen, N. C. (2003). Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas.FAO. Roam. Italy.

Wahba, M. A. S. and Christen, E. W. (2006). Modeling subsurface drainage for salt load management in southeastern Australia. *Irrigation and Drainage Systems*, 20(2-3), 267-282.

Weiss, E. B. (1992). United Nations Conference on Environment and Development. International Legal Materials, 31(4), 814-817.