

## نقش زهکش حایل شوره‌زار مرکزی قزوین در کنترل شوری

عباس ستوده‌نیا<sup>۱\*</sup>، محدثه جعفری<sup>۲</sup>، پیمان دانش‌کار آراسته<sup>۳</sup>

۱. استادیار، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی<sup>(ع)</sup>

۲. کارشناس ارشد، آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی<sup>(ع)</sup>

۳. استادیار، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی<sup>(ع)</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۳۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۶/۲۹)

### چکیده

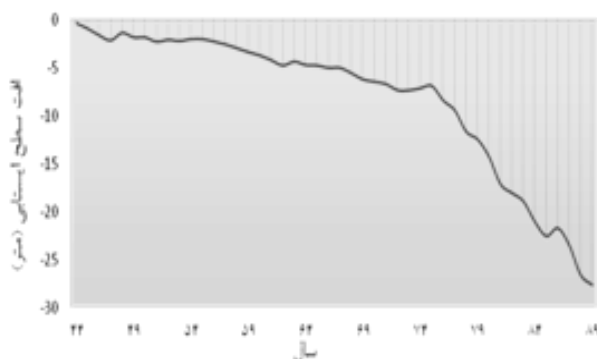
زهکش روباز حایل شوره‌زار مرکزی قزوین به منظور جلوگیری یا کاهش خطر پیشروی شوری به زمین‌های حاصل‌خیز بالادست طراحی و ایجاد شده است. در این پژوهش نتیجه پایش عملکرد زهکش یادشده بررسی شد. برای پایش اثر این زهکش بر سطح ایستابی و کیفیت آب زیرزمینی کم‌عمق ۹۹ چاهک در ۹ مقطع عمود بر زهکش احداث شده است. هر ماه یک بار سطح آب چاهک‌ها قرائت و یک نمونه از آب آن تهیه شد. تجزیه شیمیایی نمونه‌ها در طول یک سال معرف تغییرات شیمیایی سفره آب زیرزمینی منطقه در اثر وجود این زهکش است. عملکرد زهکش در سال اول احداث، با خارج‌ساختن آبی با شوری بیش از ۲۰۰ دسی‌زیمنس بر متر از منطقه، مؤثر ارزیابی شد. نتایج نشان داد با احداث زهکش حایل پیشروی آب شور به سمت بالادست تا حدودی متوقف شده است که علت را می‌توان افزایش شیب هیدرولیکی به دلیل ایجاد نزدیک به یک متر کاهش بار آبی به وسیله زهکش دانست. در سال نخست، پس از اجرای طرح، میانگین شوری آب زیر سطحی ۱۳٫۶ درصد کاهش یافت. بدیهی است این تغییرات در همه زمین‌ها یک اندازه نبوده است. عملکرد این زهکش در سال نخست پس از احداث مثبت ارزیابی می‌شود.

**کلیدواژگان:** پایش، پیشروی شوری، تخلیه نمک، چاهک مشاهده‌ای

### مقدمه

شوره‌زار مرکزی قزوین قسمتی از زمین‌های جنوب شرقی دشت قزوین را با مساحت نزدیک ۶۵۰۰۰ هکتار تشکیل می‌دهد. شوری عصاره اشباع خاک در ۹۵ درصد این زمین‌ها بیش از ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر و سطح آب زیرزمینی ۷۵ درصد آن‌ها نزدیک‌تر از ۱/۵ متری سطح خاک است. توسعه شوری از شوره‌زار به سمت بالادست مشکلاتی به وجود آورده و امکان کشاورزی را در برخی از این مناطق از بین برده است. در سال‌های اخیر، به دلیل برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، روند تخریب رو به افزایش نهاده است. حوضه آبریز دشت قزوین یکی از زیرحوضه‌های آبریز دریاچه نمک است که به وسیله ابهررود، خررود، حاجی‌عرب، و برخی رودخانه‌های فصلی و غیر دائمی دیگر تغذیه می‌شده و امروزه، با توجه به کاهش آورد این رودخانه‌ها، حجم آن به شدت کاهش یافته است. در طول ۴۵ سال گذشته، سطح آب زیرزمینی آبخوان آزاد دشت

قزوین به علت برداشت بی‌رویه و کاهش نزولات جوئی سال‌های اخیر دچار افت شدید، حدود ۳۰ متر، شده تا آنجا که این دشت جزء دشت‌های ممنوعه بحرانی قرار گرفته است (Kamab Pars Consulting Eng.، 2001). شکل ۱ هیدروگراف واحد آبخوان شیرین دشت قزوین را طی این دوره ۴۵ ساله نشان می‌دهد.

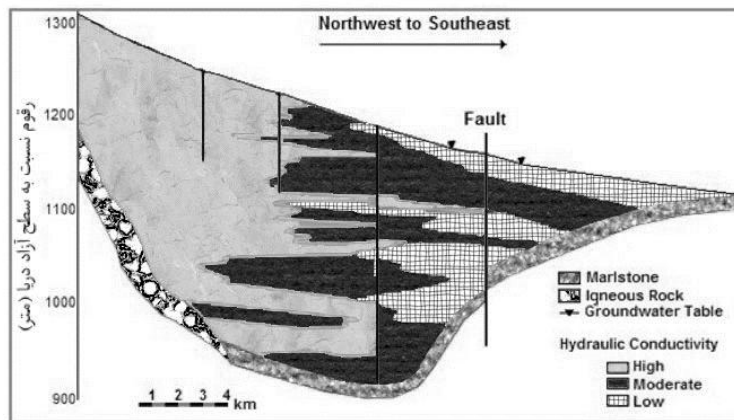


شکل ۱. افت تجمعی سطح آب زیرزمینی ۴۵ ساله دشت قزوین

دشت قزوین دشتی کاسه‌شکل و شیب آن در انتها بسیار ناچیز است. توزیع رسوبات در دشت از بالادست به پایین‌دست با کاهش اندازه ذرات همراه است. به این ترتیب، هدایت

زیرحوضه، ارتباط هیدرولیکی آب‌های زیرزمینی دشت قزوین با زیرحوضه مجاور خود قطع شده است.

هیدرولیک خاک در انتهای دشت به شدت کاهش می‌یابد (شکل ۲). به علت بالاآمدگی سنگ بستر در انتهای این



شکل ۲. نیم‌رخ سازندها و هدایت هیدرولیکی دشت قزوین (Saman Abrah and Kamab Pars, 2010)

### مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه‌شده در بخشی از استان‌های قزوین و البرز، در حاشیه شورزار قزوین، با محدوده جغرافیایی طول شرقی ۳۸۰۰۰۰ تا ۴۲۰۰۰۰ و عرض شمالی ۳۹۲۰۰۰۰ تا ۳۹۸۰۰۰۰ (بر حسب UTM)، واقع است. برای مهار پیشروی شورزار مرکزی دشت قزوین به سمت داخل دشت و آبخوان شیرین، زهکش حایلی با طولی حدود ۳۰ کیلومتر در حاشیه شمال شرقی شورزار و تقریباً موازی با خطوط تراز زمین به شکل نعل اسب احداث شده است. به منظور ارزیابی عملکرد زهکش حایل احداث‌شده و پایش تغییرات سطح ایستابی و شوری آب زیرزمینی زیر سطحی، ۹۹ چاهک مشاهده‌ای در اطراف زهکش حایل حفر شد و مورد پایش ماهیانه قرار گرفت. در این پژوهش، اثر این زهکش حایل بر گسترش شوری در حاشیه شورزار مرکزی دشت قزوین بررسی شد.

به منظور بررسی رفتار کمی و کیفی آب زیرزمینی کم‌عمق به طور معمول از چاهک مشاهده‌ای استفاده می‌شود (Martens *et al*, 2004). این چاهک‌ها در ۹ راستای عمود بر زهکش (A تا I) و ۱۱ چاهک در هر راستا قرار دارند. راستاها در شکل ۳ قابل مشاهده است.

در بالادست هر مقطع ۷ چاهک به فواصل ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر و در پایین‌دست ۴ چاهک به فواصل ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۲۵۰ متری از خط زهکش حفر شد. هر یک از این چاهک‌ها به وسیله لوله مشبک PVC تجهیز و روی زمین با یک پایه بتنی محکم شده بود. چاهک‌ها با دو حرف و یک عدد علامت‌گذاری شد. حرف اول معرف راستا و حرف بعدی

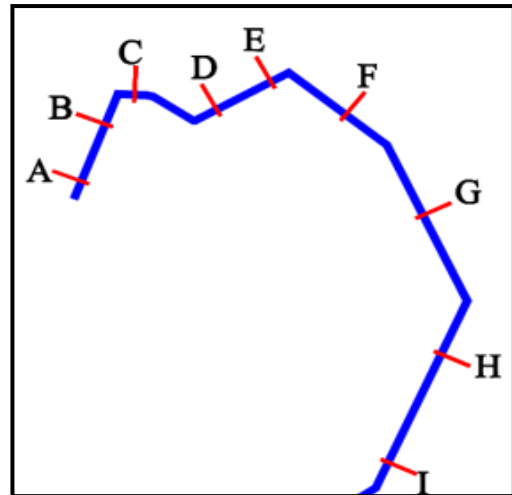
افت سطح آب زیرزمینی در دشت در حالی روی داده است که افت سطح آب در داخل شورزار ناچیز است. در نتیجه، شورشدن دشت نمی‌تواند، مشابه بیشتر دشت‌های داخلی، به دلیل بالا بودن سطح ایستابی باشد. علت آن را می‌توان از سویی افت سفره پایین‌افتاده و هجوم آب شور شورزار به سمت بیرون و از سوی دیگر قطع جریان از سرریز انتهایی دشت و عدم تخلیه نمک دانست.

شوری خاک در اراضی با شوری ثانویه، به طور معمول، با بالا آمدن سطح ایستابی و زهدارشدن و به دنبال آن تبخیر و برجای ماندن نمک در خاک همراه است. شورشدن اراضی در شرایط حاکم بر شورزار دشت قزوین و توسعه آن با پایین رفتن سطح ایستابی در منطقه بوده است که مشابه شرایط تداخل آبخوان‌های آب شور و شیرین در سواحل دریاهاست. در این مناطق، با پایین رفتن سطح ایستابی در دشت، شوری به سمت بالادست (آبخوان شیرین) توسعه می‌یابد (Goswami and Clement, 2007; Werner *et al*, 2003). روش‌های کنترل تداخل آب شور و شیرین و مهار پیشروی فصل مشترک آن‌ها به سوی آبخوان شیرین محدود به تزریق به آبخوان شیرین یا احداث پرده‌های آب‌بند (سد زیرزمینی) میان دو آبخوان است (Sherwood and Grantham, 1966; Luyan *et al*, 2009; Sriapai *et al*, 2012). در این طرح فرض شده زهکش حایل نیز می‌تواند از پیشروی جبهه شوری به سوی آبخوان شیرین پیشگیری کند یا دست‌کم از سرعت پیشروی جبهه شوری بکاهد. هدف این پژوهش اثبات یا رد این فرضیه در شورزار قزوین است.

ژرفای چاهک‌های شماره ۶ و ۷ بالادست در هر راستا ۵ متر و چاهک‌های دیگر ۳ متر بود. علت عمیق‌تر بودن این دو چاهک این بود که همواره آب در آن‌ها وجود داشته باشد. سطح آب در چاهک‌ها به طور ماهیانه اندازه‌گیری شد و از هر یک از چاهک‌ها نمونه آب تهیه شد. با قرائت عمق سطح ایستابی و تجزیه شیمیایی نمونه‌ها، اثر احداث زهکش بر سطح ایستابی و تغییرات شیمیایی آب زیرزمینی بررسی شد. اندازه‌گیری‌ها از تیرماه ۱۳۸۹ به مدت یک سال بررسی شد.

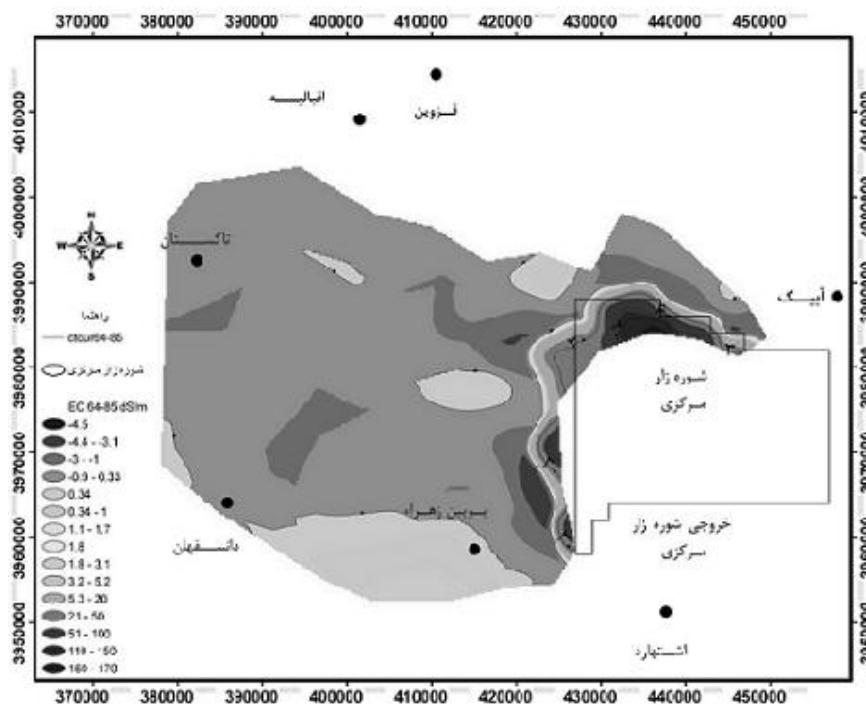
علاوه بر اندازه‌گیری و بررسی نتیجه آزمایش آب زیر سطحی، برای مطالعه تغییرات شوری سطح زمین، شوری خاک منطقه در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۸۵، با استفاده از تصویرهای ماهواره‌ای، مقایسه شد (Daneshkar Arasteh, 2010). مقایسه این دو نقشه نشان داد در این فاصله زمانی شوری از سمت شورزار به سمت خارج از آن در حال پیش‌روی بوده و بر غلظت آن افزوده شده است (Daneshkar Arasteh, 2010). شورتر شدن اراضی در این ناحیه ممکن است به علت پایین‌رفتن سطح آب سفره شیرین بالادست و در نتیجه افزایش فشار سفره شور و پیش‌روی شوری به بالادست و به سمت حاشیه شورزار باشد. شکل ۴ تغییرات هدایت الکتریکی خاک سطحی را در بازه زمانی ۲۰ ساله، از ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۵، در محدوده شورزار و خارج از آن نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که دورتر شدن از شورزار و پایین‌افتادن سطح آب زیرزمینی بر شوری خاک سطحی می‌افزاید.

نشان‌دهنده بالادست (U) یا پایین‌دست (D) نسبت به زهکش حایل و عدد نشان‌دهنده شماره ترتیب چاهک نسبت به زهکش حایل بود؛ مثلاً AU3 معرف چاهک سوم بالادست، در فاصله ۵۰ متری، در راستای A بود.



شکل ۳. مسیر زهکش حایل شورزار قزوین و راستاهایی که چاهک‌های مشاهده‌ای در آن‌ها قرار دارند.

با بررسی تغییرات ماهیانه سطح ایستابی درون چاهک‌ها و نمونه‌برداری و تجزیه شیمیایی نمونه آب زیر سطحی آن‌ها، مقدار هدایت الکتریکی آب زیر سطحی اندازه‌گیری و عملکرد زهکش حایل در کنترل جریان و شوری آب زیر سطحی ارزیابی شد.



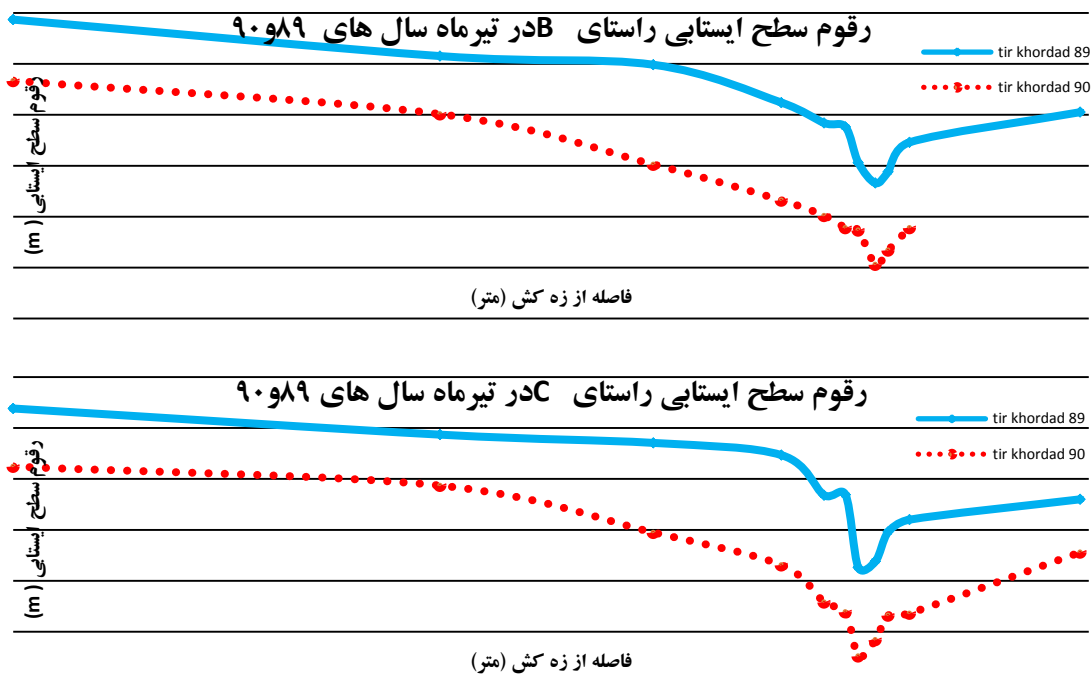
شکل ۴. تغییرات ۲۰ ساله شوری آب زیرزمینی در شورزار مرکزی قزوین (Saman Abrah and Kamab Pars, 2010)

## یافته‌ها و بحث

نتیجه اندازه‌گیری رقوم سطح ایستابی در چاهک‌های مشاهده‌ای در فاصله زمانی تیر ۱۳۸۹ (خرداد و تیر ۱۳۸۹ هنگام نصب چاهک‌ها) تا تیر ۱۳۹۰ در دو راستای B و C در شکل ۵ می‌آید. همان‌طور که مشاهده می‌شود، سطح ایستابی در این فاصله بین ۰/۵ تا ۱ متر افت کرده است. بیشترین تأثیر زهکش در محدوده ۲۵۰ متری بالادست بوده است.

جهت جریان آب زیرزمینی، در گذشته، از بالادست دشت به سمت مرکز شوره‌زار بوده و به دلیل کاسه‌شکل‌بودن آن تخلیه زهاب دشت از بین تپه‌ماهورهای جنوب شرقی آن از تنگه‌ای باریک صورت می‌گرفته است. با افت سطح آب زیرزمینی طی سال‌های اخیر و قطع جریان سرریز انتهایی دشت، نمک‌ها از

منطقه خارج نشده و توازن نمک در منطقه به هم خورده است و اراضی رو به شورترشدن گذاشته‌اند. با احداث زهکش حایل، ارتباط هیدرولیکی بین بالادست و پایین‌دست آن تا اندازه‌ای قطع شده و از طرفی، به علت پایین‌افتادن سطح ایستابی و محدودشدن منطقه تبخیری، از سرعت افزایش شوری بالادست کاسته شده است. به منظور استفاده از اثر مثبت آب‌شویی دشت در مواقع سیلابی و بارش‌های مؤثر، خاکریز کم‌ارتفاعی در کناره بالادست زهکش احداث شده است. در نتیجه، رواناب سطحی دشت مستقیم وارد زهکش نمی‌شود و تخلیه آن به زهکش از طریق نفوذ به زمین به‌کندی صورت می‌گیرد. این خاکریز فرصت کافی برای نفوذ جریان‌های سطحی به زمین و آب‌شویی آن را فراهم می‌آورد.



شکل ۵. افت سطح ایستابی در دو راستای B و C در فاصله زمانی تیر ۱۳۸۹ تا تیر ۱۳۹۰

می‌شود که شوری آب زیر سطحی بهبود یافته است. میانگین کاهش شوری در سال نخست ۱۳/۶ درصد بوده است. تغییرات یکی از راستاها در شکل ۷ می‌آید.

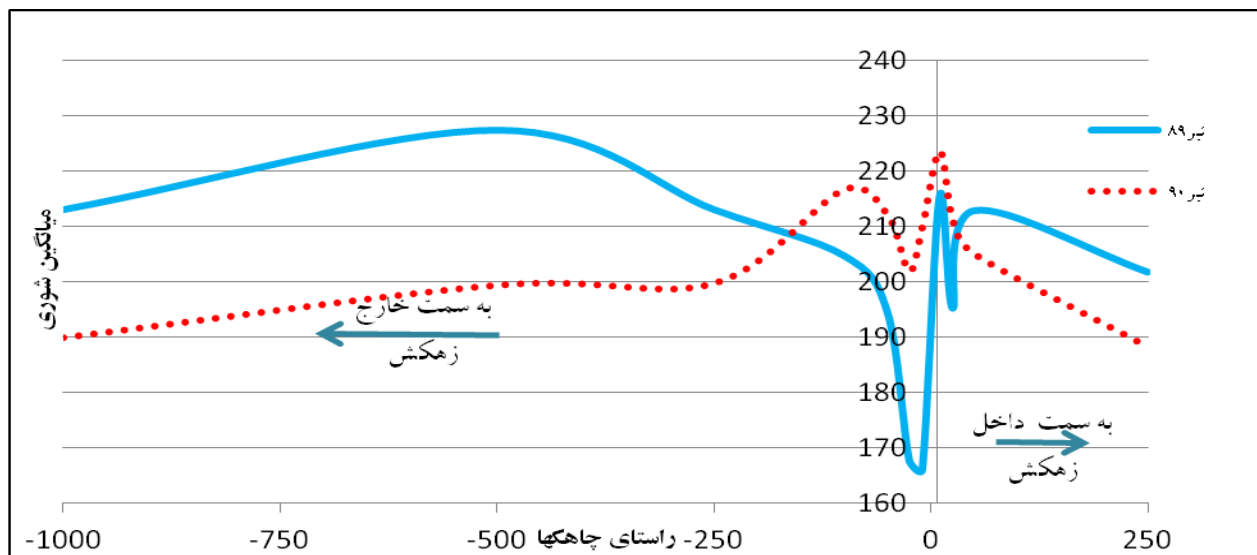
آمار سطح ایستابی چاهک‌های مشاهده‌ای در مقاطع ابتدایی و میانی زهکش نشان می‌دهد پس از احداث زهکش جریان آب زیرزمینی با شیب هیدرولیکی بیشتری به سمت زهکش در حال حرکت است. علت این وضعیت پایین‌افتادن سطح ایستابی در نزدیکی زهکش تا حدود ۱ متر است. غلظت

با توجه به خشک‌بودن منطقه و کمبود بارندگی در دوره مطالعاتی و همچنین بروز خشک‌سالی فراگیر در منطقه، میزان آب شیرین برای آب‌شویی طبیعی اراضی مجاور زهکش محدود بوده است. زهکش حایل، با ایجاد شیب هیدرولیکی، شدت جریان آب زیرزمینی را افزایش داده و باعث رقیق‌شدن شوری آب زیرزمینی حتی تا فاصله ۱۰۰۰ متری شده است.

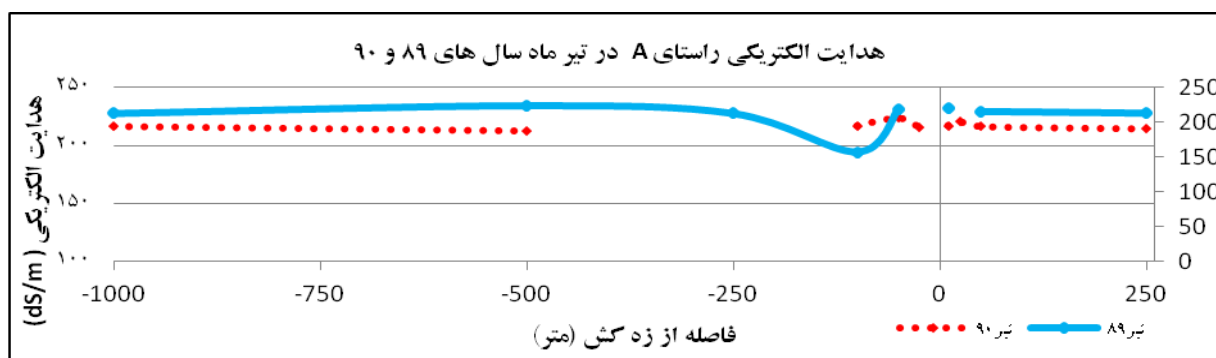
شکل ۶ میانگین شوری آب زیر سطحی در دو زمان تیر ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ را در ۹۹ ایستگاه نشان می‌دهد. به‌روشنی دیده

تأثیر داشته باشد یا دست‌کم بخشی از نمک وارد شده به دشت را خارج کند. این زهاب پیش از این از منطقه خارج نمی‌شده است.

نمک‌زهایی، که در این مدت از زهکش گذر کرده است، بین ۱۸۰ تا ۲۰۰ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. تخلیه این زهاب از منطقه می‌تواند در کاهش شوری منطقه، به‌ویژه در بالادست،



شکل ۶. میانگین تغییرات شوری آب زیر سطحی در فاصله زمانی تیر ۱۳۸۹ تا تیر ۱۳۹۰ در همه چاهک‌ها



شکل ۷. تغییرات شوری آب زیر سطحی در فاصله زمانی تیر ۱۳۸۹ تا تیر ۱۳۹۰ در چاهک‌های راستای A

تخلیه‌گاهی در دشت موجب تخلیه نمک شده است؛ نمکی که پیش از این از دشت خارج نمی‌شد. چنانچه ادامه پایش نیز همین روند را نشان دهد، شاید این روش بتواند به مثابه الگویی برای جلوگیری از پیش‌روی شوری در حاشیه باتلاق‌ها مورد توجه قرار گیرد. ادامه پایش شوری نه‌تنها در اطراف زهکش، بلکه در سراسر دشت توصیه می‌شود، زیرا اصل تعادل نمک در دشت‌هایی که تخلیه‌گاه ندارند شور شدن آن را اجتناب‌ناپذیر می‌کند.

### نتیجه‌گیری

زهکش حایل شوره‌زار مرکزی دشت قزوین شورابه‌هایی را که هدایت الکتریکی نزدیک به ۱۸۰ تا ۲۰۰ دسی‌زیمنس بر متر دارند از منطقه خارج و به دریاچه نمک هدایت می‌کند. در این مطالعه، پس از مدت یک‌ساله که از احداث زهکش می‌گذرد، آثار کاهش شوری خاک را تا فاصله حدود ۱۰۰۰ متری بالادست می‌توان مشاهده کرد؛ هرچند تأثیر زهکش تا فاصله ۲۵۰ متری بیشتر بوده است. این زهکش با ایجاد گرادیان هیدرولیکی بیشتر موفق به ایجاد چنین نقشی شده است. علاوه بر این، ایجاد

### REFERENCES

Daneshkar Arasteh, P. (2010). 'Soil salinity change detection in irrigated area under Qazvin Plain irrigation network using satellite imagery' Proceedings of XVIIth Worlds Congress of

International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), June 13-17, 2010, Quebec City, Canada.

- Goswami, R. R. and Clement, T. P. (2011). 'Laboratory-scale investigation of saltwater intrusion dynamics'. *Water Resources Research*. 43, W04418, 1-11.
- Kamab Pars Consulting Engineers(2011).Unpublished Report(In Farsi)
- Luyan, R. Jr., Momii, K., and Nakagawa, K. (2009). 'Laboratory scale saltwater behavior due to surface cutoff wall'. *Journal of Hydrology*. 377, 227-236.
- Martens, K., Van Camp, M., and Walraevens, K. (2004). 'Electromagnetic induction method to characterize the reference situation of fresh-salt water distribution at the area of the Deurganck Dock, Antwerp, Belgium.' *The 18<sup>th</sup> SWIM, Cartagena, Spain*, 353-362.
- Saman Abrah and Kamab Pars Consulting Engineers (2010). "Drainage Investigation on Qazvin Salt marshland" Drainage, Volume 6. (In Farsi)
- Sherwood, C. B. and Grantham, R. G. (1966). 'Water control vs sea-water intrusion, Broward County, Florida.' Leaflet # 5, FGS-USGS, FL, USA.
- Sriapai, T., Walsri, C., Phueakphum, D., and Fuenkajorn, K. (2012). 'Physical model simulations of seawater intrusion in unconfined aquifer.' *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 34 (6), 679-687.
- Werner, A. D., Jakovovic, D., and Simmons, C. T. (2003). 'Experimental observations of saltwater up-coning.' *Journal of Hydrology*. 373, 230-241.