

EXTENDED ABSTRACT

Effects of Dam Construction and the Karoon River's Change of Hydrology Regime on Soil Salinity and Dust Storms of Khuzestan Plain

S. Jafari

Associate Professor of Soil Sciences, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan (*siroosjafari@asnrukh.ac.ir*)

Received: 31 December 2016

Revised: 13 May 2018

Accepted: 16 May 2018

Keywords: Flood, Salt Accumulation, SAR, Gotvand Dam. **DOI:** 10.22055/jise.2018.20709.1490.

Introduction

Khuzestan plain is part of Mesopotamia. This plain was long ago irrigated and drained due to floods (Rangzan and Jafari, 2017). Then, plants started to grow everywhere in this area. With the construction of dams in the past decades, the flooding was hindered; however, since soils were saline, civil plant could not grow anymore (Anonymous, 2011). Therefore, these lands became bare and dust storms started to happen in the plain. In this research, we studied soil salinity and its sources or agents in these area (Ayers and Westcot, 1976). We specially focused on evaluation of dam constructions and effects of the Karoon Rivers' hydrology regime change on the ecology of certain areas of Khuzestan plain.

Methodology

We focused on studies done by Rangzan and Jafari on the Karoon River (at Mollasani station) over a forty-year period in order to investigate its discharge and salinity changes (Anonymous, 2011). Dam construction data in the same period were collected. Also, soil salinity and alkalinity were recorded during summer for 6800 hectares in the south of Ahvaz and north of Shadegan Wetland, over a period of 25 years, in 1991 and 2011. Soil EC was also determined in extracted paste in 2017. Sodium absorption ratio (SAR) was calculated from Na, Ca, and Mg concentrations determined in these extracted pastes. Soil salinity and alkalinity (SAR) maps were drawn by Arc GIS Ver. 10.3. For this manure, ECe and SAR were partitioned in 10 levels from 0-90 and polygons were shown in these ranges for all provided maps.

Results and Discussions

The Karoon River's discharge data show that maximum charge was 892 m³/s in June 1991, which decreased to 685 m³/s and 359 m³/s in June 2011 and June 2017, respectively. The water salinity of the river increased from 590 μS/cm in 1969 to 745 μS/cm in 1989, and finally to 1643 μS/cm in 2017. This trend can be related to the constructed dams such as Karoon 3 (it was charged in 2005) and upper Godvand in 2012. Also, mean annual precipitation decreased over the same time periods. For instance, mean annual precipitation decreased from 506 mm/year in 1986-1989 to 271.4 mm/year in 2008-2012. These two agents (dam construction and climate changes) decreased the Karoon River's discharge and increased its EC. The soil salinity is shown in figures (1) a. and b. in 1991 and 2017.

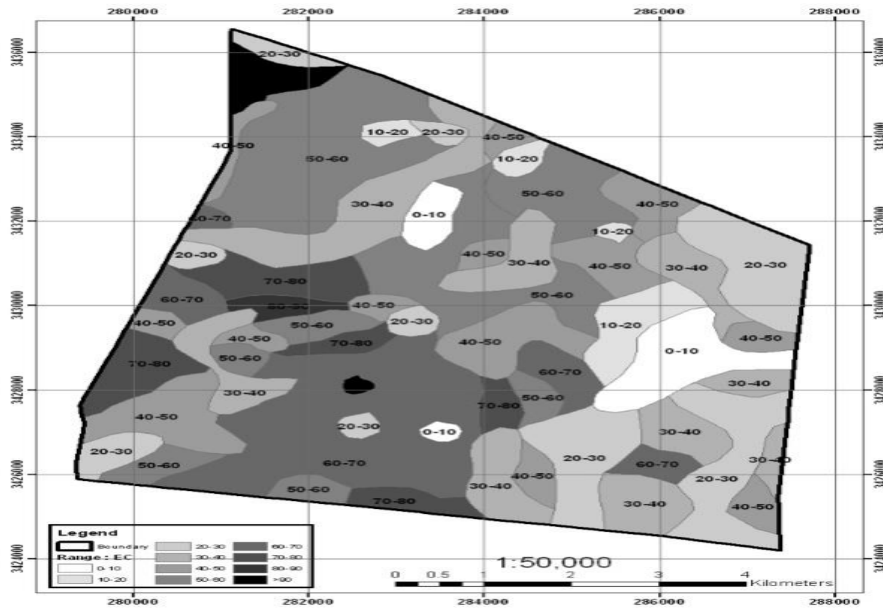


Fig. 1- A. Soil salinity of study area in 1991

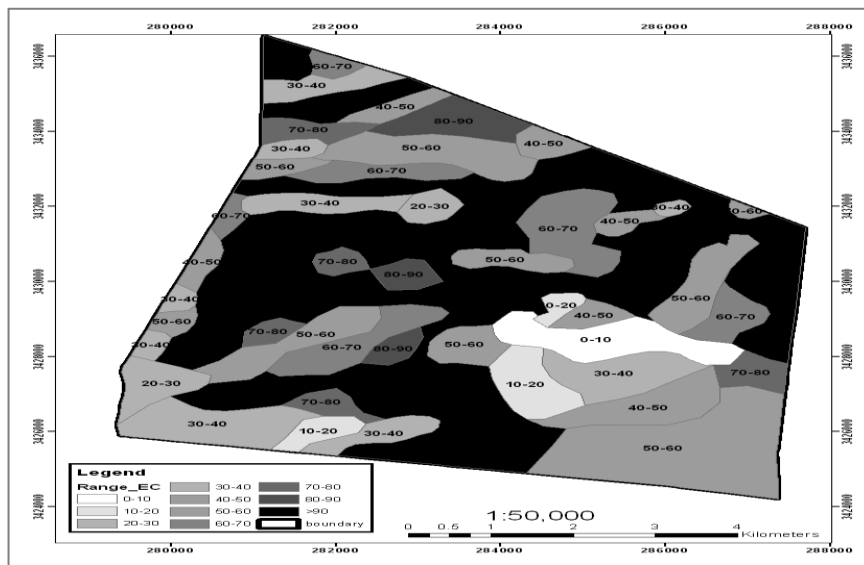


Fig. 1- B. Soil salinity of study area in 2011

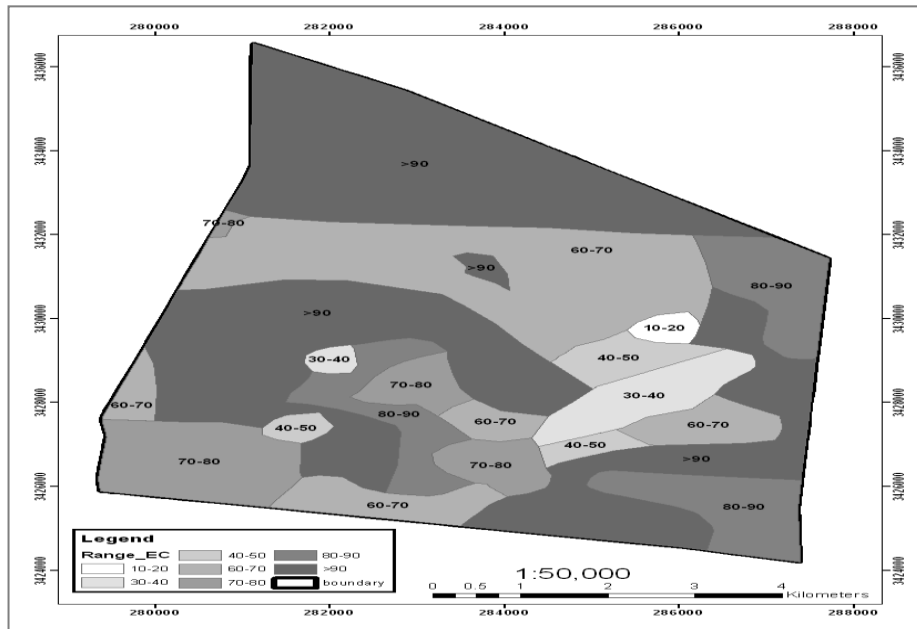


Fig. 1- C. Soil salinity of study area in 2017

These figures show that the area with salinity of more than 30 dS/m increased from 5248 hectares in 1991 to 6197 hectares in 2011, and to 6754 hectares in 2017. The same trend was observed for SAR. The soil with SAR of less than 30 was 621 hectares in 1991, 845 hectares in 2011, but declined to zero hectares in 2017. This trend showed that soil structures were damaged due to high Na exchangeable and soil structure were destroyed due to high Na. Therefore, the soil became bare due to high salinity and SAR. When the soil structure was destroyed with high Na exchange, fine particles were released from aggregates and were moved by wind erosion from soil surface. These phenomena were heightened by sand creep. The sand particles rubbed soil surface and fine particles erosion spread to distant regions. The local vegetation cover will be buried by this huge deposits and soil will be bladed in more areas. Nebka, which is never seen in the plain, has started to form due to this deposition (Figure 2).

Conclusion

The results show that hydrological regime changes due to dam construction and climate changes decreased the discharge and water quality of the Karoon River. The river's salinity increased twice during a period of 25 years. Another important factor was the construction of dams to barricade floods in these areas. As a result, soil salinity and SAR increased under all of these factors in the studied region. The native vegetation cover was removed in soil surface and soil surfaces became bladed. Also, soil structure was damaged by high exchangeable Na and released fine particle from soil surface. The wind erosion intensified this phenomenon with rubbed soil surface due to sand particle creep. Under this situation, soil was moved and bladed the neighborhood vegetation. Then, Nebkas were formed and all vegetation was destroyed and the bare surface spread over the plain. These bare soils were exposed to wind erosion and huge dust storms arose, which caused major problems for Ahwaz in the last decade. Happening more than ten times a year, dust storms endanger human health and impose severe economic costs. In this manner, hydrological regime changes due to dam construction and climate change destroyed a satiable ecosystem and made life difficult for human beings. Therefore, we can emphasize that these phenomena are happening everywhere in Mesopotamia, including Syria, Iraq, Jordan and Kuwait. They brought about tough conditions for

human beings and produced economic risks in this region in the last decade. This can be related to dam construction in recent years, especially those triggered by Turkish government. The Turkish government constructed two enormous dams (Ataturk and Illso) with capacity of more than 90 Billiard cubic meters, and decreased Euphrates and Tigris very much.

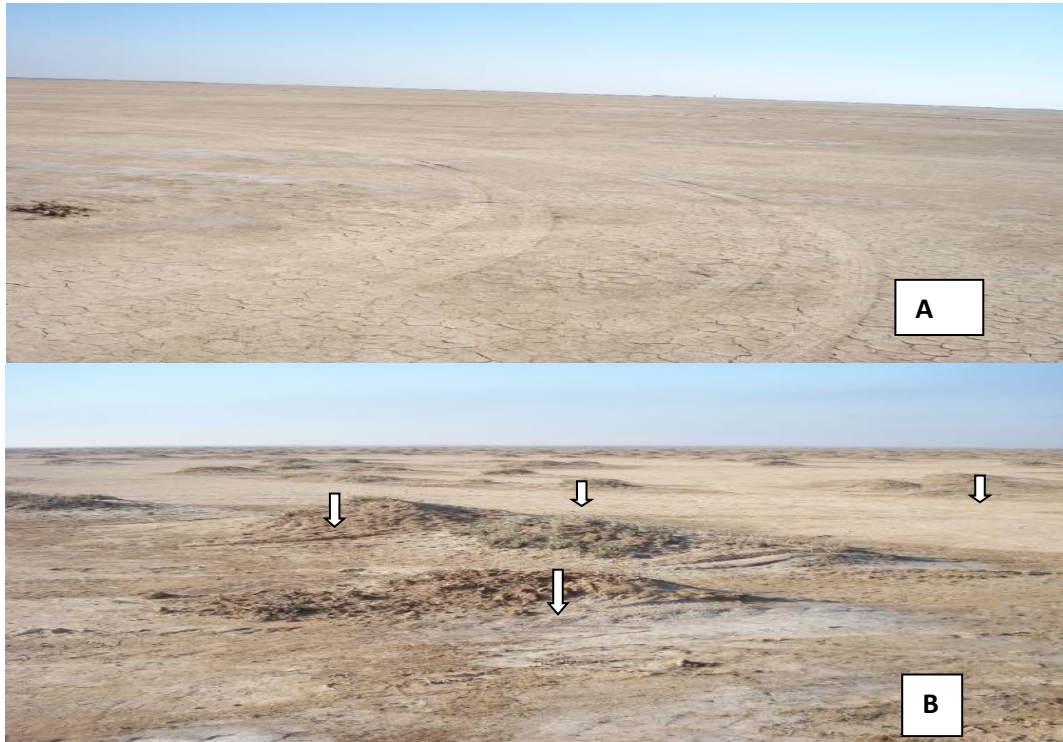


Fig. 2- Soil salinity of study area with $32 < \text{dS/m}$, and B. vegetation cover were buried by wind dust with high salt concentration (Nebka hills)

Acknowledgment

The researcher would like to express his gratitude to Arvand Khak Azema Co. for their contribution to this project by providing financial support and help drawing the maps.

References

- 1- Anonymous, 2011. Semi-detailed soil survey of East Karoon River bank. *Water and power authority of Khuzestan – Sazabpardazan consulting company*. (In Persian).
- 2- Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1976. *Water quality for agriculture*. FAO. No. 29.
- 3- Rangzan, N. and Jafari, S., 2017. The effect of soil forming factors on the amount and diversity of clay minerals in the soils and deposits originated from Karoon River in Khuzestan province. *Ramin Agriculture & Natural Resources University of Khuzestan*. Research project No. 33/95/106. (In Persian).



© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



بررسی اثرات سدسازی و تغییر رژیم هیدرولوژی رودخانه کارون بر شوری اراضی و رخداد پدیده گرد و غبار در دشت خوزستان

سیروس جعفری

دانشیار علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان siroosjafari@asnrkh.ac.ir

پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۲۶

بازنگری: ۱۳۹۷/۲/۲۳

دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۱

چکیده

این مطالعه برای بررسی اثر سدسازی و تغییر رژیم هیدرولوژی رودخانه کارون بر زیست بوم منطقه انجام شد. برای بررسی تغییرات دبی و شوری رودخانه کارون، از آمارهای یک دوره چهل ساله (۹۵-۱۳۵۵) رودخانه کارون در ایستگاه ملاتانی استفاده شد. همچنین تغییرات شوری و سدیمی خاک، در محدوده معینی از دشت خوزستان، به وسعت حدود ۶۸۰۰ هکتار در پایین دست شهر اهواز و در شمال تالاب شادگان، در طی سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ مقایسه شد. نتایج نشان داد میزان شوری از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۵ رو به افزایش است. با تغییر رژیم هیدرولوژی رودخانه کارون و کاهش دبی آن، از یک سو کیفیت آب به شدت کاهش یافته و میزان املاح نیز به بیش از دو برابر افزایش یافته است. از سوی دیگر ممانعت از جریان سیلابی دشت، سبب شوری شدید خاک‌ها شده است. به طوری که مساحت اراضی با شوری بیش از ۳۰ دسی زیمنس بر متر برای وسعت ۶۸۰۰ هکتاری مورد مطالعه، از ۵۲۴۸ هکتار (۷۷/۲٪) در سال ۱۳۶۹ به ۶۷۵۴ هکتار (۹۹/۳٪) در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است. به دلیل ایجاد این میزان از شوری که فراتر از حد تحمل گیاهان شور دوست بومی است، پوشش گیاهی منطقه از بین رفته و خاک لخت شده است. در این مناطق عاری از پوشش گیاهی در مواجهه با بادهای دائمی منطقه، طوفان‌هایی از گرد و غبار ایجاد شده است. بنابراین تغییر رژیم هیدرولوژی رودخانه، عامل بخشی از مشکلات فعلی کیفیت هوا به‌شمار می‌آید. از این‌رو بازنگری و تجدید نظر در عوامل موثر در تغییر رژیم هیدرولوژی از جمله اقدامات سدسازی و انتقال از سرشاخه‌ها ضرورت دارد.

کلید واژه‌ها: سیلاب، تجمع نمک، نسبت جذب سدیم، سد گتوند.

خارج می‌گشت. این فرآیند مانع از تجمع املاح در سطح خاک می‌شده است.

کارون را می‌توان پرآب‌ترین رودخانه ایران دانست. این رودخانه همراه با رودخانه‌های آبگیر مانند کرخه، جراحی و خیراباد، با طغیان‌های خود طی سالیان متمادی، دشت خوزستان را پدید آورده‌اند. رسوبات این دشت دارای سنین مختلفی است که از شمال به جنوب از سن آن‌ها کاسته می‌شود، به طوری که در بخش‌هایی از جنوب شرقی آبادان اراضی اخیرا در اثر پسروری دریا تشکیل شده‌اند (Jafari and Nadian, 2014). منبع آب آبیاری در این دشت نیز آب این رودخانه‌هاست. طی سالیان اخیر در اثر سدسازی و تغییر رژیم هیدرولوژی رودخانه‌ها، دبی آب رودخانه‌ها به حدی کاهش یافته است که سیلابی در بین‌النهرین رخ نمی‌دهد (Rangzan and Jafari, 2017). در اثر این تغییرات، از یک سو کیفیت آب رودخانه‌ها رو به شوری رفته و اراضی تحت آبیاری را شورتر نموده و

مقدمه

دشت خوزستان بخشی از دشت میان‌رودان یا بین‌النهرین می‌باشد که با نام انگلیسی Mesopotamia معروف است. در گذشته این دشت به‌طور گسترده‌ای از شرق خوزستان یعنی بهبهان و هندلیجان تا غرب آن یعنی مرز عراق و اردن و شمال کویت در اثر جریان‌های سیلابی، آبیاری و همچنین آبشویی سطحی می‌شده است (UNEP/UN, 2001). آب حاصل از سیلاب‌های دائمی به‌ویژه در طول زمستان و بهار سبب آبیاری این دشت‌ها و رشد گیاهان مختلفی در منطقه می‌شد. رشد گیاهان و ایجاد پوشش سطحی، مانع از برخورد مستقیم باد به سطح زمین شده و این عمل مانع از ایجاد گردوغبار خاک می‌گردید. نمک‌هایی که در طول فصول بهار، تابستان و اوایل پاییز در اثر خیزموییگی در سطح خاک تجمع می‌یافتند نیز با جریان‌های سیلابی سال بعد شسته شده و از منطقه

می‌باشد زیرا سیلاب سبب غنی شدن خاک از عناصر غذایی می‌شود (Estaki, 2004). همچنین با جریان‌های سیلابی، سطح دشت آبیاری شده و آب اضافه، نیز سبب آشوبی سطحی املاح می‌شود. در اثر این پدیده، سطح آب زیرزمینی در دشت نیز بالاتر آمده و به رشد گیاهان وابسته به آب زیرزمینی کمک می‌کند که این پدیده، خود، نقش مهمی در کاهش فرسایش بادی و گرد و غبار منطقه دارد. همچنین سیلاب‌ها با وجود سدیم در سطح خاک و با ایجاد سله، سبب می‌شوند که از رخداد گردوغبار منطقه‌ای کاسته شود. سدسازی به دلیل کاهش دبی ورودی به رودخانه‌ها، سیلاب را که یک رخداد طبیعی در بهبود شرایط رشد گیاهان بویژه در دشت‌ها و بیابان‌ها به شمار می‌آید، را با مشکل مواجه می‌نماید (Jafari, 2014). بررسی تغییراتی که در اثر سدسازی و در نتیجه تغییر رژیم هیدرولوژی در وضعیت شاخص‌های دینامیک و پویای خاک مثل شوری و یا میزان سدیم تبادلی پدید می‌آید، می‌تواند برای ارزیابی اثرات مستقیم و غیرمستقیم سدسازی و تغییر رژیم هیدرولوژی بر بخشی از اکوسیستم دشت‌ها مورد استفاده قرار گیرد. همچنین بررسی این اثرات بر پوشش گیاهی می‌تواند بطور غیرمستقیم اثرات این فاکتورها را بر الگوی پوشش گیاهی و در نتیجه میزان رخداد پدیده گردوغبار نشان دهد. بنابراین این مطالعه باهدف بررسی اثر سدسازی و تغییر رژیم هیدرولوژی رودخانه کارون بر تغییرات شوری خاک زیست بوم منطقه انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تغییرات دبی و شوری رودخانه کارون، با استفاده از آمارهای یک دوره چهار ساله (۹۵-۱۳۵۵) رودخانه کارون در ایستگاه ملائانی از مطالعه‌های Rangzan و Jafari (2017) استفاده شد. اطلاعاتی از ویژگی‌های سدها به‌خصوص زمان آب‌گیری و حجم مخزن سدهای احداث شده بر این رودخانه، طی بازه زمانی مورد مطالعه تهیه گردید. همچنین تغییرات شوری و سدیمی خاک در طی فصل تابستان و در محدوده معینی از دشت خوزستان به وسعت ۶۸۰۰ هکتار در پایین دست شهر اهواز و در شمال تالاب شادگان، طی فصل تابستان در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ مقایسه شد (شکل ۱). داده‌های مقادیر شوری خاک در سال ۱۳۶۹ از مطالعه‌های خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق اراضی واحد فارابی تهیه شد (Anonymous, 1991). همچنین داده‌های شوری خاک سال ۱۳۸۹ نیز از مطالعه‌های نیمه تفصیلی دقیق اراضی شرق رودخانه کارون برای همین وسعت در این منطقه تهیه و نقشه‌های مربوطه ارائه شد (Anonymous, 2011). همچنین در تابستان ۱۳۹۵ برای انجام این مطالعه و به‌منظور تعیین ویژگی‌های شور و سدیمی خاک، نمونه‌برداری خاک در محدوده مورد مطالعه صورت گرفت. این نمونه‌ها مشابه داده‌های سال‌های گذشته از عمق ۵۰-۰ سانتی‌متری

از سوی دیگر با حذف سیلاب‌ها و تجمع املاح در سطح خاک، سبب شوری بیشتر خاک شده است. چنین روندی در بخش‌های دیگر میان‌رودان نیز گزارش شده است (UNEP/UN, 2001). بر اساس آماری که از دبی آب رودخانه فرات در ایستگاه هیت هوسایبای عراق از سال ۱۹۲۷-۱۹۷۳ ارائه شده، دبی آب این رودخانه در اوج به ۲۵۹۴ مترمکعب بر ثانیه نیز بالغ می‌شده که با احداث سدهای ترکیه در سال ۱۹۷۳ حداکثر دبی آب این رودخانه در همان ایستگاه، به ۸۴۱ متر مکعب در ثانیه کاهش یافت (UNEP/UN, 2001).

Rahmatizadeh و Jafari (2014) در بررسی اثرات احداث سدهای ۱۵ خرداد و غدیر (ساوه) بر روند بیابان‌زائی دشت مسیله قم، نشان دادند که میانگین سالانه حجم آب ورودی رودخانه قمرود در طولانی مدت از حدود ۸۰ میلیون مترمکعب، پس از احداث سد ۱۵ خرداد در سال ۱۳۷۵، به نه میلیون مترمکعب و در سال ۱۳۷۷ به صفر رسیده است که بر اثر آن از سال ۱۳۷۵ عمق آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه حدود ۶/۵-۶ متر افت داشته است. در حالی که میزان بارندگی در طی آن سال‌ها بالاتر از میانگین سالانه و شاخص خشکسالی بوده است. همچنین کیفیت شیمیایی آب از قبیل قابلیت هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) روند افزایشی داشته است. به دلیل عدم ورود سیلاب سالانه و شستشوی خاک، در اثر تبخیر زیاد ناشی از لخت شدن زمین و تشدید پدیده خیز موئینگی، تراکم نمک در افق‌های سطحی افزایش یافته است. مطالعه‌های پوشش گیاهی و مقایسه آن با گذشته نشان می‌دهد درتپ‌هایی مانند بونی یا چمن شور (*Aeloruslitoralis*) و آبیار سلام (*Cyperus sp.*) که کم‌شور پسند بوده و ریشه کم عمق داشته‌اند، به علت افت آب زیرزمینی و عدم دسترسی ریشه این گیاهان به آب، سطح تاج پوشش گیاهی تا حدود ۱۰۰ درصد کاهش یافته و حتی گونه‌های جدید مانند شور باتلاقی (*Halocnemum strobilaceum*) و مارونگ یا سنبله نمکی (*Halostachys caspica*) جایگزین علفزارهای طبیعی منطقه شده‌اند. وضعیت کشاورزی و مقایسه آن با گذشته نشان می‌دهد که شاخص‌های بیابان‌زائی در منطقه روند افزایشی داشته و بدین ترتیب دشت مسیله قم با دخالت‌های انسانی، از یک منطقه کشاورزی و مولد، به یک بیابان تبدیل شده است (Rahmatizadeh and Jafari, 2014).

از دیدگاه محیط زیست فواید و معایب فراوانی برای سدها تعریف شده است. سدها منابع آبی قابل اطمینانی را فراهم می‌نمایند. مناطق اطراف را از سیلاب‌ها محافظت نموده و انرژی پاک را نیز فراهم می‌آورند. از سوی دیگر سدها، باعث بروز مشکلاتی نیز می‌گردند. کنترل بی‌رویه سیلاب در پایین دست سد را می‌توان از معایب سدها، نام برد. رخداد سیلاب برای بهبود شرایط اکوسیستم بسیار مهم

هیدرولوژی، تغییر یابند. از سوی دیگر با توجه به اثراتی که این دو فاکتور بر زیست بوم منطقه به جای می‌گذارند بسیار حائز اهمیت هستند. برای بهبود درک تغییرات این فاکتورها در محدوده مورد مطالعه، نقشه‌های مربوط به تغییرات شوری و SAR طی هر سال با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 10.3 تهیه شد. برای تهیه نقشه‌های تغییرات شوری و نسبت جذب سدیم خاک ابتدا با استفاده از داده‌های واقعی، میزان شوری یا سدیمی نقاط روی نقشه توپوگرافی منطقه ترسیم شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 10.3 نقشه‌های مربوطه پردازش و تهیه شد. میان‌یابی داده‌ها نیز با استفاده از روش کیرجینگ در محیط GIS تهیه و ارائه شد. با استفاده از این نقشه‌ها، وسعت محدوده‌های شوری برای بازه‌های ده‌تایی از صفر تا بیش از ۹۰ دسی زیمنس بر متر تهیه شد. سپس با استفاده از این نقشه‌ها، تغییرات شوری خاک در دوره‌های مختلف در بازه‌های تعریف شده از ۰ تا ۹۰ بررسی شد. پس‌زمینه ترسیم پلی‌گون‌ها، براساس تصویر ماهواره‌ای مربوط به همان دوره صورت گرفته و پلی‌گون‌ها بر حسب طبقه شوری مربوط به خود مشخص شدند. در نهایت اثر تغییرات مقادیر شوری با مقاومت گیاهان خودرو و بومی منطقه و همچنین پوشش گیاهی مطابقت داده شد تا امکان یا عدم امکان رشد آنها در محدوده‌های مختلف شوری تعیین گردد.

سطح زمین و به تعداد ۲۰ نمونه در هر ۱۰۰۰ هکتار (۱۴۰ نمونه در کل منطقه) برداشته شد. در این نمونه‌ها، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک به وسیله دستگاه هدایت سنج الکتریکی (Rhoades, 1996)، واکنش یا پ هاش خاک توسط دستگاه پ‌هاش‌متر در گل اشباع خاک (Thomas, 1996) اندازه‌گیری شد. همچنین میزان سدیم با استفاده از نورسنج شعله‌ای، کلسیم و منیزیم نیز با استفاده از تیتراسیون با ورسین در عصاره اشباع تعیین گردید (Page et al., 1996).
میزان نسبت جذب سدیم نیز با استفاده از رابطه زیر به دست آمد (Ayers and Westcot, 1976).

$$SAR = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{0.5} \quad (1)$$

با استفاده از این داده‌ها، نقشه شوری و سدیمی این اراضی برای سه سال ۱۳۶۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ تهیه و ارائه شد. شوری خاک خوزستان به دلیل تبخیر شدید در تابستان و آشویی ناشی از بارندگی در زمستان در طی این دو فصل در اعماق مختلف تغییر می‌نماید. با توجه به اثر زمان اندازه‌گیری بر شوری خاک، کلیه اندازه‌گیری‌ها در تابستان صورت گرفت. دو فاکتور شوری خاک و نسبت جذب سدیمی شاخص‌هایی پویا و دینامیک بوده که می‌تواند تحت تأثیر تغییر رژیم

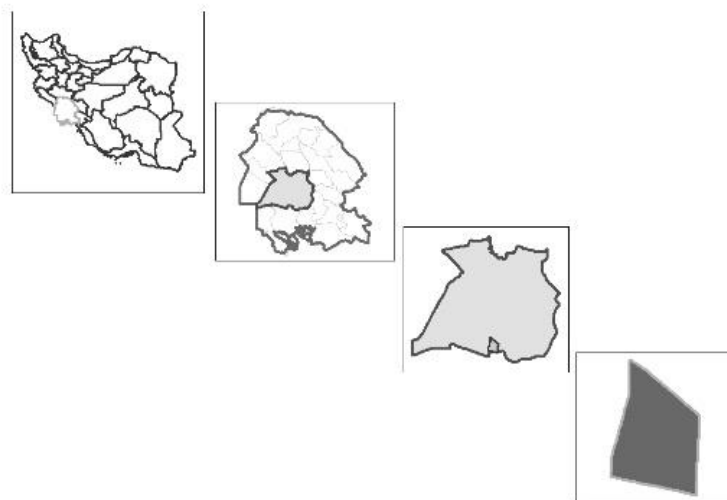


Fig. 1- Location of study area in Iran and Khuzestan province

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان خوزستان

نتایج و بحث

نتایج تغییرات دبی آب رودخانه کارون نشان داد که حداکثر دبی رودخانه کارون از ۸۹۲ متر مکعب بر ثانیه در خرداد سال ۱۳۴۷ در ایستگاه ملاثانی، به ۶۸۵ در خرداد سال ۱۳۶۷ و به ۳۵۹ مترمکعب در ثانیه در سال ۱۳۹۵ در خردادماه کاهش یافته است (شکل ۲). برعکس شوری آب رودخانه در این ایستگاه از ۵۹۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در خرداد سال ۱۳۴۷ به ۷۴۵ در خرداد سال ۱۳۶۷ و به ۱۶۴۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در خرداد سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است. بخش قابل توجهی از این کاهش به سدسازی مربوط می‌گردد. عملیات اجرایی سد کارون ۳ در سال ۱۳۷۳ آغاز و در سال ۱۳۸۳ با حجم مخزن ۳ میلیارد متر مکعب به پایان رسید. از زمان آبیگری سد کارون ۳، تاکنون بیش از هشت سیلاب با دبی بیش از ۲۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه توسط این سد مهار شد که از آن جمله می‌توان به دو سیلاب ۶۵۰۰ و یک سیلاب ۴۳۰۰ مترمکعب بر ثانیه اشاره کرد (Khuzestan Water and Power Authority, 2016). سد گتوندعلیا نیز با دریاچه مخزن حدود ۴/۵ میلیارد مترمکعبی، دومین دریاچه مصنوعی بزرگ کشور پس از کرخه است. عملیات اجرایی گتوندعلیا در سال ۱۳۷۶ آغاز و در سال ۱۳۹۰ آبیگری شد. بنابراین بخشی از این کاهش را می‌توان به توسعه سدسازی در بالادست نسبت داد (Khuzestan Water and Power Authority, 2016). علاوه بر کاهش دبی آب رودخانه کارون در اثر سدسازی و ممانعت از رخداد سیلاب، بر اساس گزارش ایستگاه‌های آسنجی و هواشناسی میزان نزولات آسمانی نیز نسبت به میانگین بلند مدت، به میزان زیادی در بالادست این سد کاهش یافته است. به‌عنوان مثال در ایستگاه سینوپتیک مسجد سلیمان که در بالادست سد گتوند قرار دارد، میانگین بارندگی طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۴، ۴۳۷ میلی‌متر

بوده است. این میزان طی سالیان ۱۳۶۷-۱۳۶۴ از ۵۰۶ میلی‌متر به ۲۷۱/۴ میلی‌متر در سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۶ کاهش یافته است. نظر به اینکه در این منطقه طی این سالیان سدی به بهره‌برداری نرسیده و تغییری در شرایط هیدرولوژی آب‌های سطحی منطقه رخ نداده است لذا تغییرات رخ داده در منطقه به کاهش نزولات و در نتیجه تغییرات اقلیمی نسبت داده می‌شود که طی ده سال اخیر، کاهش دبی آب رودخانه کارون را تشدید کرده است (State Meteorological Organization, 2017). کاهش دبی رودخانه با وقوع گرد و غبار در شهر اهواز طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۳ هم‌هنگی دارد (جدول ۱). به عبارتی سدسازی از یک سو و تغییرات اقلیمی و کاهش نزولات آسمانی از سوی دیگر، منجر به کاهش شدید دبی آب رودخانه کارون شده است. کاهش دبی منجر به افزایش شوری آب این رودخانه شده است (Rangzan and Jafari, 2017).

علاوه بر کاهش میزان دبی رودخانه و تغییرات اقلیمی، بخشی از شوری رودخانه کارون به احداث سد گتوند مربوط می‌گردد که در سال ۱۳۸۸ آبیگری آن شروع و در سال ۹۰ تکمیل و آبیگری شد. احداث و بهره‌برداری از این سد باعث شد که شوری آب رودخانه کارون در ایستگاه آسنجی گتوند یعنی قبل از ورود آن به دشت و عدم اختلاط هیچگونه زه‌آبی با آب کارون، از میانگین ۰/۸۵ دسی زیمنس بر متر طی ده سال قبل از سال ۱۳۹۱، به ۱/۲۶ دسی زیمنس بر متر در سال ۱۳۹۱ افزایش یابد. منشاء این شوری پس از آبیگری سد، به انحلال املاح گنبد نمکی در مخزن سد گتوند علیا نسبت داده شد (Rangzan and Jafari, 2017). در اثر این عامل نیز مقادیر قابل توجهی از املاح به این بخش از اراضی اضافه شده است. در سال‌های قبل نیز نتایج مشابهی توسط Zareii and Akhondali (2007) ارائه شد.

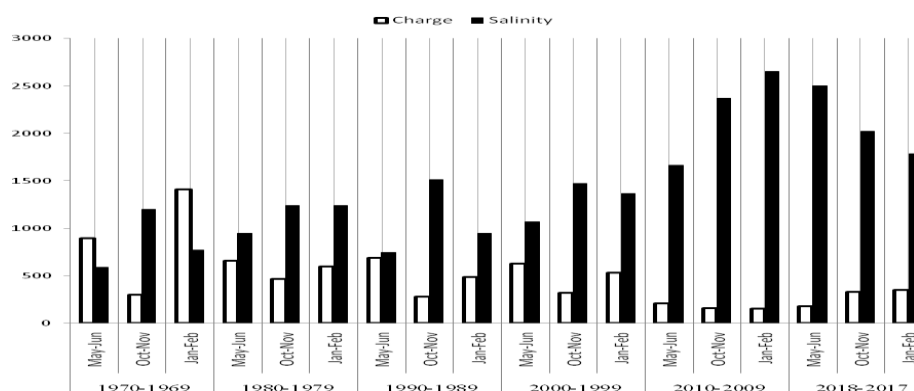


Fig. 2- Charge changes of Karoon River for the 47 years period in Mollasani station (Rangzan and Jafari, 2017)

شکل ۲- تغییرات دبی آب رودخانه کارون طی یک دوره ۴۷ ساله در ایستگاه ملاثانی (Rangzan and Jafari, 2017)

شوردوست رشد نمی‌کنند. گیاهان شوردوست منطقه مثل درمنه، سالسولا و گز بعلت شوری بیش از ۳۲ دسی‌زیمنس بر متر از بین رفته‌اند که موجب لخت شدن زمین شده است. شکل (۴- A)، نمایی از دفن گیاهان با حرکت ذرات خاک را نشان می‌دهد. تحقیقات نشان داده است که از این مواد معلق ۳۰ درصد از این ذرات در نزدیکی منبع رسوب، ۲۰ درصد در مقیاس محلی منتشر و بیش از نیمی از آن به فواصل دور منتقل شده است (Kim et al., 2003). انتشار مزبور سبب مدفون شدن پوشش گیاهی مناطق با شوری کمتر با رسوبات حاصل از فرسایش بادی مناطق شورتر، گردیده است (شکل ۴- B). این امر یکی از علت‌های افزایش میزان گرد و غبار در سال‌های اخیر می‌باشد. جدول (۱)، تعداد روزهای توأم با ریزگرد را طی سال‌های ۸۳ تا ۹۲، نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، تعداد روزها از نه روز در سال ۱۳۸۳ به ۶۶ روز در سال ۱۳۸۸ و یا ۲۹ روز در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است.

اندازه‌گیری‌های اخیر در سال ۱۳۹۵ از بخشی از منطقه با شوری بیش از ۳۲ دسی‌زیمنس بر متر نشان می‌دهد که پوشش گیاهی آن از بین رفته است. به علت حذف پوشش گیاهی در این بخش از اراضی، ذرات کلوییدی خاک، به صورت معلق، در هوا پخش می‌شوند. علاوه بر این ذراتی که اندازه نسبتاً بزرگی دارند به صورت جهش و خزش حرکت می‌کنند (Wang et al., 2015).

وسعت بازه‌های مختلف شوری برای سال‌های مختلف در جدول (۲) آورده شده است. هم‌چنین در شکل ۳ (الف، ب و ج) توزیع شوری در کلاس‌های ده‌گانه برای منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب طی سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ نشان داده شده است. بر اساس شکل ۳-الف در سال ۱۳۶۹ وسعت کمی از اراضی دارای شوری کمتر از ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. این میزان از ۳۳۴ هکتار در سال ۱۳۶۹ به ۳۳۷ هکتار در سال ۱۳۸۹ و ۱۳۸ هکتار در سال ۱۳۹۵ کاهش یافته است. به عبارتی این وسعت از اراضی در سال ۱۳۹۵ به کمتر از یک سوم میزان اولیه کاهش یافته است. برعکس وسعت اراضی با شوری بیش از ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر (حد نهایی تحمل گیاهان شوردوست خودرو منطقه)، از ۵۲۴۸ هکتار در سال ۱۳۶۹ به ۶۲۰۰ هکتار در سال ۱۳۸۹ و ۶۰۰۰ هکتار در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است. به عبارتی طی سال‌های مزبور، ۱۰۰۰ هکتار از محدوده‌ی مورد مطالعه، از مرز شوری خیلی شدید عبور کرده است. به حدی که قابلیت رشد گیاهان شوردوست خودرو نیز وجود ندارد. این میزان حدود ۱۵ درصد از کل وسعت منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گیرد (جدول ۲).

تجمع نمک در خاک، رشد گیاه را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (Kamrakji et al., 2016). شوری بیشتر از ۳۲ دسی‌زیمنس بر متر مرز کلاس شوری S3 از S4 می‌باشد که اغلب گیاهان مرتعی و یا شوردوست فقط محدوده S3 را می‌توانند تحمل کنند (Sys, 1985). در شوری بیشتر از ۳۲ دسی‌زیمنس بر متر، اغلب گیاهان

جدول ۱- اطلاعات وقوع گرد و غبار در شهر اهواز طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۳ (Anonymous, 2011)

Table 1- Data of the dust haze in the Ahvaz city during the 2005-2014 years

Year	Number of occurrences (Day)	Maximum concentration (Micrograms/ cubic meter)	Maximum time of occurrence (hour)
1383(2005)	9	3440	36
1384(2006)	12	2505	48
1385(2007)	19	2740	48
1386(2008)	31	8360	72
1387(2009)	55	9360	84
1388(2010)	66	6900	144
1389(2011)	36	>10000	48
1390(2012)	13	>10000	48
1391(2013)	63	6027	24
1392(2014)	29	2510	13

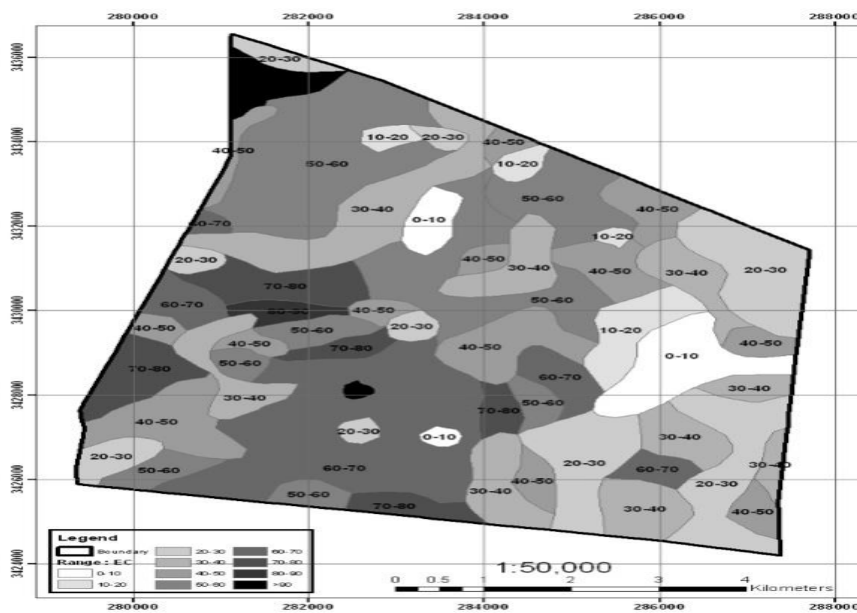
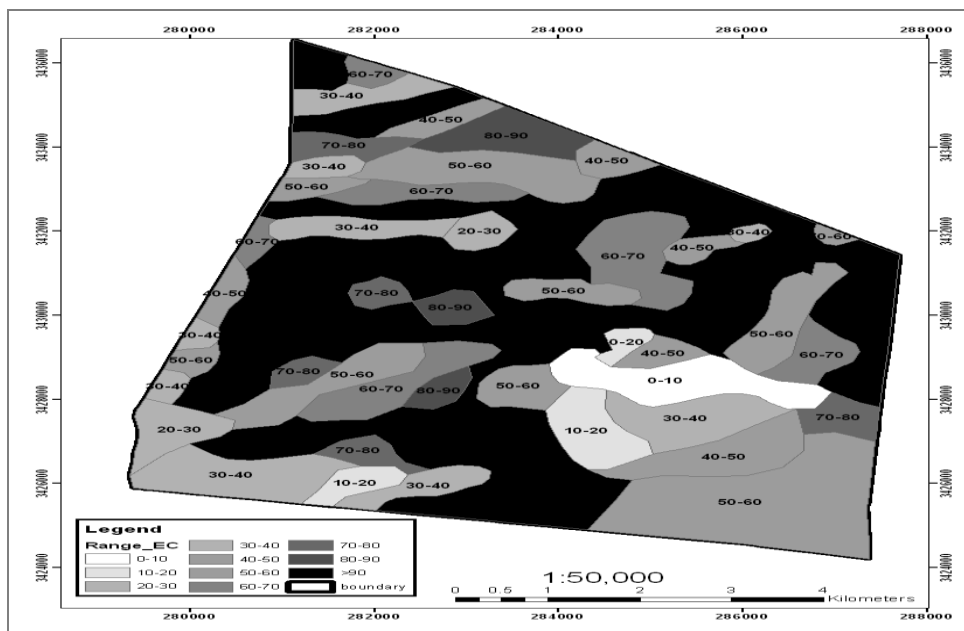


Fig. 3- A. Soil salinity of study area in 1991
 شکل ۳-الف) توزیع شوری در محدوده اراضی مورد مطالعه (سال ۱۳۶۹)



شکل ۳-ب) توزیع شوری در محدوده اراضی مورد مطالعه (۱۳۸۹)
 Fig. 3- B. Soil salinity of study area in 2011

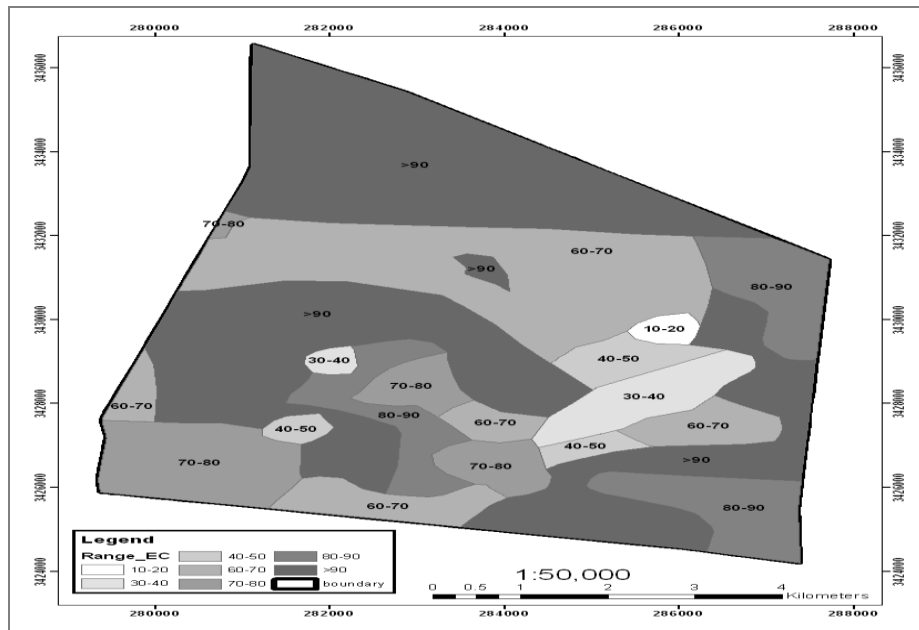


Fig. 3- C. Soil salinity of study area in 2016
 شکل ۳-ج) توزیع شوری در محدوده اراضی مورد مطالعه (۱۳۹۵)

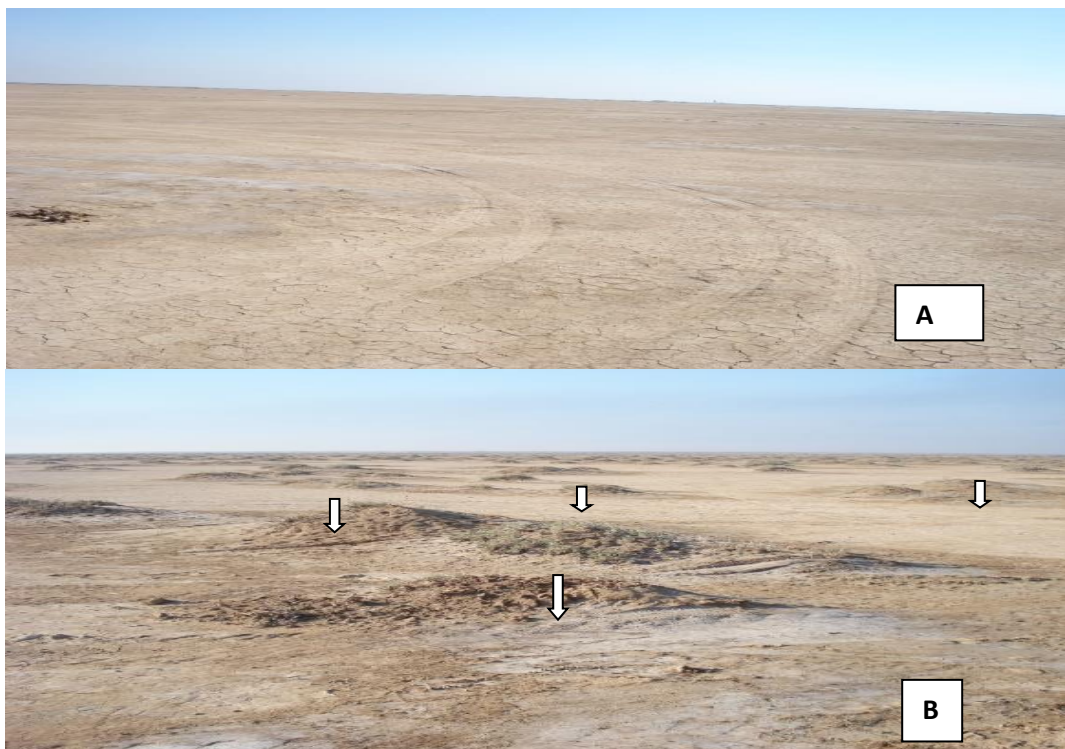


Fig. 4A- Soil salinity of study area with $32 < dS/m$, and B. vegetation cover were buried by wind dust with high salt concentration (Nebka hills)

شکل ۴- A- اراضی با شوری بیش از ۳۲ دسی زیمنس بر متر B- پوشش گیاهی مدفون شده در اثر رسوبات بادی مناطق شور (تپه های نبکا)

آبها یا به آبهای زیرسطحی ملحق شده و سبب بالا آمدن آب زیرزمینی شور در منطقه شده و یا با تبخیر سطحی، سبب شوری بیشتر خاک شده است.

Kamrakji et al. (2016) نیز شوری آبهای زیرزمینی را در اثر آبیاری با آب شور گزارش کردند. با شروع فصل تابستان و تبخیر در اثر دمای زیاد سطح زمین، آب از سطح تبخیر شده و املاح را در سطح زمین به جای گذاشته است. همچنین به دلیل عدم رخدادهای سیل طی سالیان اخیر، شوری از سطح شسته نشده و در سطح زمین تجمع یافته است.

سدیمی شدن اراضی

شکل (۵) توزیع نسبت جذب سدیم در خاکهای منطقه مورد مطالعه طی سالیان مختلف را نشان می‌دهد. همچنانکه ملاحظه می‌گردد میزان نسبت جذب سدیم در اراضی مورد مطالعه از روندی مشابه با شوری برخوردار است. به عبارت دیگر میزان سدیم جذب سطحی شده، با افزایش میزان شوری افزایش یافته است. این امر نشان‌دهنده آن است که منشاء شوری خاک از نوع کلرور سدیم می‌باشد. منشاء سدیم دشت خوزستان بویژه از رودخانه کارون از سازندهای گنبدهای نمکی سری هرمز است که در بالادست دشت و از منشاء آب کارون به دشت وارد می‌شود (Rangzan and Jafari, 2017).

در منطقه مورد مطالعه به دلیل ارتفاع کم از سطح دریای آزاد، سطح آب زیرزمینی در کمتر از یک متری از سطح زمین قرار دارد (Anonymous, 2011). در اثر خیزموییگی در طول فصل تابستان، آب از زیرسطح به سطح آمده و با تبخیر در سطح، نمکها به جا گذاشته است. این نمکها از نوع کلرور سدیم بوده، در طی سالیان و قرون گذشته، این نمکها در طی فصل زمستان توسط سیلاب قابل شست و شو می‌شده‌اند. بدین ترتیب شوری از سطح خاک به تدریج شسته می‌گردد. منشاء شوری حاضر خاک همچنانکه در قبل نیز اشاره شد از یک سو به کم شدن دبی آب رودخانه در اثر سدسازی و تغییر اقلیم مربوط می‌شود که سبب شده است دبی آب رودخانه به شدت کاهش یافته و مانع از رخدادهای سیل گردد. این عامل مانع از آبشویی سطحی اراضی طی سالیان اخیر شده است. از سوی دیگر شوری اراضی مورد مطالعه در اثر آبیاری با آب رودخانه کارون با شوری نسبتاً زیاد ناشی از کاهش دبی و همچنین ساخت سد در بستر گنبد نمکی تشدید شده است. همچنین آبیاری با آب با شوری نسبتاً بالا، سبب تشدید شوری مناطق گردیده است.

از آنجایی که منشاء آب آبیاری منطقه مورد مطالعه رودخانه کارون می‌باشد، آبیاری خاک با این آب می‌تواند سبب شوری شدید خاک شود. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه از سیستم زهکشی زیرزمینی مصنوعی برخوردار نیست و جریانهای آب سطحی نیز به دلیل شیب خیلی کم (کمتر از یک درصد) رواناب سطحی ندارد، این

جدول ۲- مقادیر مختلف هدایت الکتریکی در اراضی مورد مطالعه طی سالهای ۶۹، ۸۹ و ۹۵

Tab. 2- EC of study area in 1991, 2011, and 2016

Salinity(dS/m)	1991		2011		2016	
	Area (ha)	Percent of total	Area (ha)	Percent of total	Area (ha)	Percent of total
0-10	334.4	4.9	226.8	3.3	0.0	0.00
10-20	229.6	3.4	224.2	3.3	45.8	0.67
20-30	988.6	14.5	151.6	2.2	0.0	0.00
30-40	1162.2	17.1	718.1	6.10	271.8	4.0
40-50	914.1	13.4	395.9	5.8	221.8	3.26
50-60	1447.3	21.3	1254.3	18.4	0.0	0.00
60-70	1077.4	15.8	558.7	8.2	1554.1	22.86
70-80	480.7	7.1	254.6	3.7	651.6	58.9
80-90	53.8	0.8	223.0	3.3	818.1	12.03
90 >	112.0	1.6	2792.6	41.1	3236.4	47.60
Area with salinity of less than 30 dS / m	1552	22.8	602	8.9	46	0.67
Area with salinity exceeding 30 dS / m	5248	77.2	6197	91.1	6754	99.3

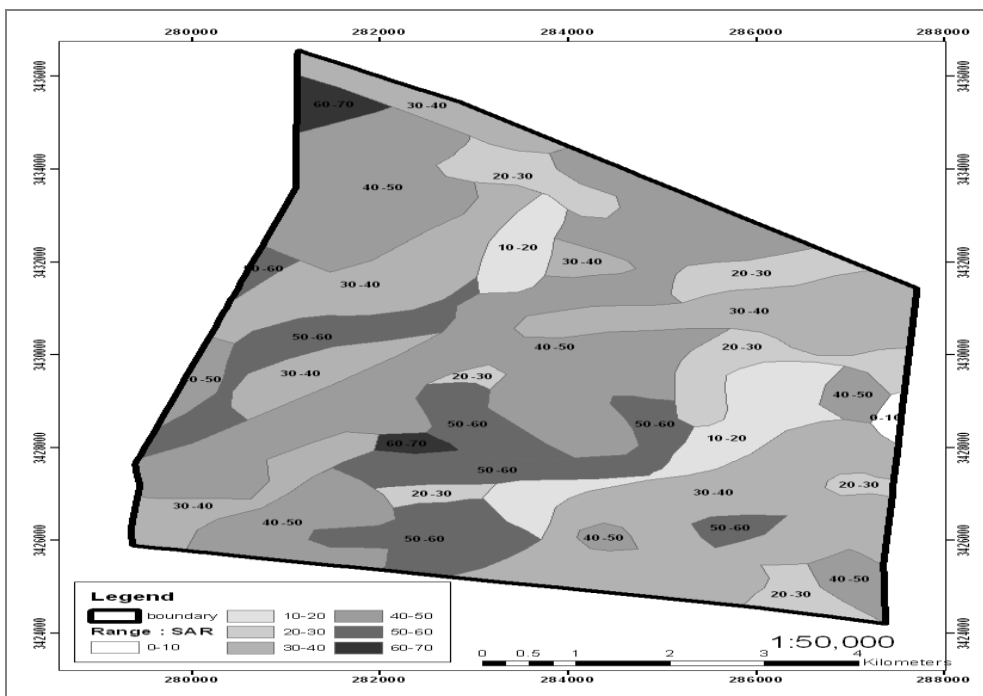


Fig. 5A- Soil SAR in study area in 1991

شکل ۵-الف) نسبت جذب سدیم در خاک‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۶۹

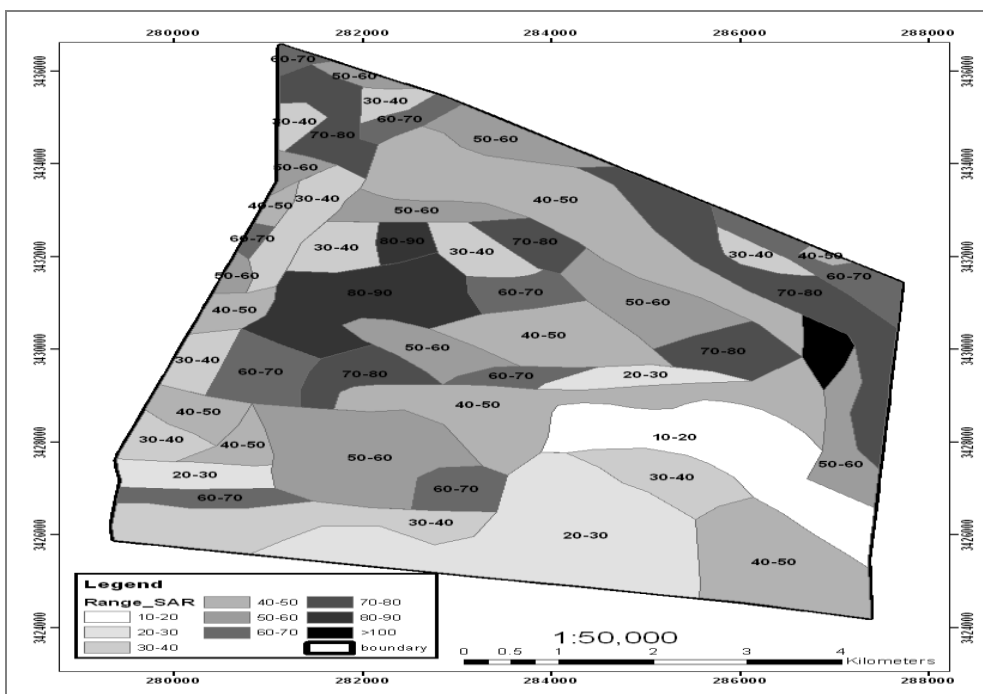


Fig. 5B- Soil SAR in study area in 2011

شکل ۵-ب) نسبت جذب سدیم در خاک‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۸۹

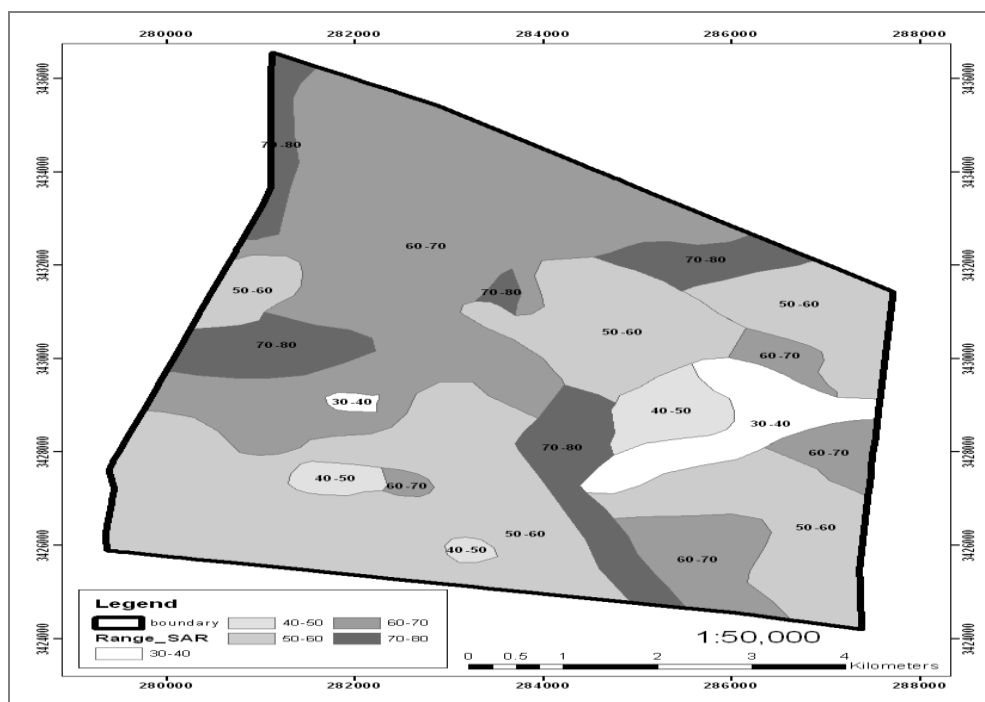


Fig. 5C- Soil SAR in study area in 2016

شکل ۵-ج) نسبت جذب سدیم در خاک‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵

جدول ۳- توزیع مقادیر مختلف نسبت جذب سدیمی طی سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵

Table 3- Soil SAR in the study area in 1991, 2011, and 2016

SAR	1991		2011		2016	
	Area (ha)	Percent of total	Area (ha)	Percent of total	Area (ha)	Percent of total
0-10	23.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
10-20	452.7	6.7	451.5	6.6	0.0	0.0
20-30	621.0	9.1	845.5	12.4	0.0	0.0
30-40	2248.6	33.1	953.2	14.0	326.0	8.4
40-50	2399.1	35.3	1720.5	25.3	240.7	5.3
50-60	956.5	14.1	1047.9	15.4	2911.7	42.8
60-70	98.4	1.4	951.1	8.7	2560.0	37.6
70-80	0.0	0.0	773.0	11.4	761.5	11.2
80-90	0.0	0.0	363.1	5.3	0.0	0.0
90 >	0.0	0.0	54.1	0.8	0.0	0.0
Area with SAR of less than 30	476	7.0	451	6.6	0	0
Area with SAR exceeding 30	6324	93.0	6348	93.4	6800	100

وی نشان داد که حتی با افزایش میزان شوری، بالا رفتن میزان نسبت جذب سدیم سبب انتشار بیشتر ذرات رس به‌ویژه در هنگام بارندگی می‌گردد. توزیع میزان نسبت جذب سدیم در جدول (۳) نشان داده شده است. بنابراین با کم شدن دبی آب رودخانه کارون و عدم رخداد سیلاب‌ها در دشت، عملکرد طبیعت در آب‌شویی سطحی اراضی در اثر حذف پدیده سیلاب با سدسازی و تغییرات رژیم

افزایش میزان سدیم محلول خاک، سبب افزایش میزان سدیم در مکان‌های تبادلی شده است. افزایش میزان سدیم در مکان‌های تبادلی سبب انتشار رس‌های خاک شده و در اثر آن شرایط برای انتقال ذرات رس با جریان باد فراهم‌تر شده است. افزایش میزان سدیم جذب شده و شوری خاک در انتشار رس‌ها، توسط Bordbar (2016) در خاک‌های خوزستان تشریح شده است.

از این طوفان‌های گرد و غبار تا فواصلی بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر از کانون گرد و خاک، خاک را پخش نموده و در اثر آن این پدیده، گرد و غبار به شهرهای شمالی ایران تا تبریز و یا تهران منتقل گردید.

نتیجه گیری

با تغییر رژیم هیدرولوژی رودخانه کارون و کاهش دبی آن در اثر سدسازی و کاهش نزولات آسمانی، از یک سو کیفیت آب در طی یک دوره ۲۵ ساله به شدت کاهش یافته و میزان املاح به بیش از دو برابر افزایش یافته است. از سوی دیگر در اثر ممانعت از جریان سیلابی دشت، شوری شدید خاک‌ها را سبب شده به طوری که از حد تحمل گیاهان شور دوست بومی نیز فراتر رفته است. در اثر این پدیده، گیاهان سطحی از بین رفته و خاک لخت شده است. به این دلیل این مناطق در مواجهه با بادهای دائمی منطقه که از بد روزگار به سمت شهر اهواز نیز هست، طوفان‌هایی از گرد و غبار در منطقه ایجاد نموده است. بنابراین بشر با دستکاری رژیم هیدرولوژی رودخانه سبب شده است که علاوه بر تخریب ساختار طبیعی یک زیست بوم پایدار، بخشی از مشکلات فعلی کیفی هوا نیز پدید آید که برای رفع آن باید در تصمیمات مربوط به سدسازی و تغییرات رژیم هیدرولوژی تجدید نظر اساسی صورت گیرد.

تقدیر و تشکر

نویسنده مقاله از شرکت اروند خاک ازما به دلیل تامین هزینه‌های مالی پروژه و تهیه نقشه‌ها تشکر و قدردانی می کند.

هیدرولوژی برای آب‌شویی و حذف املاح اضافه دچار اختلال شده است. در این شرایط با تجمع شوری در سطح و گذر میزان آن از حد تحمل گیاهان بومی منطقه، پوشش گیاهی سطحی از میان رفته و سطح زمین از پوشش گیاهی لخت شده است. با حذف پوشش گیاهی، جریان‌های سطحی باد منطقه در این نواحی مسطح شدت یافته و با جدا کردن ذرات سبک سطحی، گرد و غبار منطقه تشدید شده است. پوک شدن خاک سطحی منطقه در اثر عواملی چون سدیمی شدن، به پوک شدن لایه سطحی و تشدید فرآیند ایجاد گرد و غبار کمک نموده است. سدیم به دلیل شعاع هیدراته بزرگی که دارد سبب می‌شود که ضخامت لایه دوگانه رس‌ها افزایش یابد. در اثر این فرآیند ذرات رس انتشار یافته و ساختمان سطحی خاک‌ها پوک و خرد شده است که نتایج مشابهی را نیز Bordbar (2016) برای خاک‌های خوزستان ارائه داده است. Chappell et al. (2013) نیز پراکندگی و انتشار رس در اثر سدیم بالای خاک را گزارش کردند.

به این ترتیب با رخداد این فرایند و در پی آن عدم حضور پوشش گیاهی، باد می‌تواند ذرات را به راحتی از سطح زمین کنده و تا فواصل زیادی از منشاء منتقل نماید. این امر سبب شده است که طوفان‌هایی از گرد و غبار به صورت پی در پی طی سالیان اخیر در منطقه رخ دهد (جدول ۱). در طی سالیان اخیر در منطقه (به عنوان مثال در تاریخ ۹۵/۷/۱۱ و ۹۵/۸/۱۲) طوفان‌های شدیدی از گرد و غبار رخ داده است که قبلاً چنین مواردی سابقه نداشته است.

طوفان بهمن ماه ۱۳۹۴ حدود یک میلی‌متر خاک روی شهر اهواز بجای گذاشت. نکته جالب این است که دفعات رخداد پدیده‌های گرد و غبار در طی سال‌های اخیر بیشتر از سال‌های قبل شده است. برخی

References

- 1- Anonymous, 2011. Semi-detailed soil survey of East Karoon River bank. *Khuzestan Water and Power Authority – Sazab-Pardazan Consulting Company*. (In Persian).
- 2- Anonymous., 1991. Semi-detailed soil survey of Farabi sugarcane project. *Sugarcane Development Company & By Products – Abso Consulting Company*. (In Persian).
- 3- Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1976. *Water quality for agriculture*. FAO. No. 29.
- 4- Bordbar, E., 2016. Correlation between different soil characteristics and land use with water-dispersible clay content in some Khuzestan's soils. *M. Sc. Thesis. Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan*. (In Persian).
- 5- Chappell, M., Middleton, M. And Price, C., 2013. Chemical and physical changes in tropical soils from seawater exposure and subsequent rainwater washes. *Procedia Earth and Planetary Science*, 7, pp. 131-134.
- 6- Estaki, A.A., 2004. Effect of dam construction (Hana, Semirum) on the temperature, pH, salinity, alkalinity, and hardness of Hana water River. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 1, pp. 1-20. (In Persian).

- 7- Jafari, S. and Nadian, H., 2014. The study of a toposequence soil series and clay mineral assemblage in some soils of Khuzestan province. *Journal of Water and Soil Science, Isfahan University of Technology*, No. 69, Fall, pp. 151-163. (In Persian).
- 8- Jafari, S., 2014. Identify and classification of soils diversity in Khuzestan province. *Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan*. Research project No. 911-81. (In Persian).
- 9- Kamrakji, S. Mohamed Amer, A.W., El-Didy, Sh. M.A, and Tawfik, A.M., 2016. Salt accumulation in irrigated loamy soil; Lower Euphrates Valley, Syria. *Water Science*, 30, pp. 1-9.
- 10- Khuzestan Water and Power Authority. 2016. Upper Godvand dam. *Website: www.kwpa.com*.
- 11- Kim, K.H., Choi, G.H., Kang, C.H., Lee, J.H., Kim, J.Y. and Youn, Y. H. 2003. The chemical composition of fine and coarse particles in relation with the Asian Dust events. *Atmospheric Environment*, 37, pp. 753-65.
- 12- Page, A.L. Miller, R.H. and Keeney, D.R., 1996. *Method of Soil Analysis. Part II: Chemical and Mineralogical Properties* (Second Ed.). Madison, Wisconsin: SSSA.
- 13- Rahmatizadeh, A., and Jafari, M., 2014. Construction of 15- Khordad and Ghadir dams and its effect on desertification trend of Masileh plain at Qom province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 21(3), pp. 494-506. (In Persian).
- 14- Rangzan, N. and Jafari, S., 2017. The effect of soil forming factors on the amount and diversity of clay minerals in the soils and deposits originated from Karoon River in Khuzestan province. *Ramin Agriculture & Natural Resources University of Khuzestan*. Research project No. 33/95/106. (In Persian)
- 15- Rhoades, J.D., 1996. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. In. *Methods of Soil Analysis. Chemical Methods*. SSSA and ASA, Madison, WI.
- 16- State Meteorological Organization., 2017. *Meteorological office of Chahar-Mahal and Bakhtiari province*. *Website: www.chbmet.ir* (In Persian).
- 17- Sys, C., 1985. *Land Evaluation*. State University of Ghent, Ghent, Belgium.
- 18- Thomas, G.W., 1996. Soil pH and soil acidity. In *Methods of soil analysis: Chemical methods*. SSSA and ASA, Madison, WI.
- 19- UNEP/UN., 2001. The Mesopotamian Marshlands: Demise of an Ecosystem. Division of Early Warning and Assessment. *United Nations Environment Program. Nairobi, Kenya. TR01-3*.
- 20- Wang, H., Jia, X., Li, K. and Li, Y., 2015. Horizontal wind erosion flux and potential dust emission in arid and semiarid regions of China: A major source area for East Asia dust storms. *Catena*, 133, pp. 373–384.
- 21- Zareie, H. and Akhondali, A.M., 2007. Evaluation of the place and time of the Karoon River's water quality changes in Godvand – Shushtar section, and the effect of saline River on its quality. In *First zonal symposium on the water use of Karoon and Zayandeh Rood basin, Shahrekord University, Shahrekord*. (In Persian).