



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



تغییرات شوری خاک برخی دشتهای آبی مهم کشور در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۴۰۰

سعید سعادت^{۱*}، لیلا اسماعیل نژاد^۲

۱- عضو هیات علمی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛*

saeed_saadat@yahoo.com

۲- عضو هیات علمی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

چکیده:

شوری خاک یکی از مهم‌ترین تهدیدها برای پایداری کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است که طی سال‌های اخیر روندی رو به افزایش داشته است. این پژوهش با هدف بررسی تغییرات شوری خاک در سه دشت مهم کشور شامل قزوین، مرودشت و رزن همدان در بازه زمانی سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ انجام شد. برای این منظور، داده‌های زمینی هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ECe) و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ در دو بازه زمانی مورد استفاده قرار گرفتند. نقشه‌های شوری با بهره‌گیری از شاخص‌های طیفی و مدل جنگل تصادفی تهیه شد. نتایج نشان داد که مدل جنگل تصادفی توانسته است نقشه‌های شوری را با دقت مناسب و ضریب تبیین ۰/۷ تا ۰/۷۸ و کاپا ۰/۷۲ تا ۰/۸۱ تولید نماید. تحلیل تغییرات نشان داد که در این سه دشت، سهم خاک‌های غیرشور طی یک دهه کاهش یافته و اراضی بیشتری وارد کلاس‌های متوسط و شدید شوری شده‌اند. به‌طور مشخص، میانگین شوری در دشت قزوین از ۱/۹۲ تا ۴/۵۶، در مرودشت از ۲/۲ به ۵/۲ و در رزن همدان از ۲/۳ به ۶/۸ دسی زیمنس بر متر افزایش یافته است. این روند افزایشی هشدار جدی برای پایداری کشاورزی این مناطق به‌شمار می‌آید و لزوم مدیریت یکپارچه منابع آب و خاک، اصلاح الگوی کشت و اجرای سیستم‌های زهکشی کارآمد را بیش از پیش آشکار می‌سازد. **واژگان کلیدی:** دشتهای آبی، سنجش از دور، جنگل تصادفی، تغییرات مکانی-زمانی شوری، مدیریت منابع آب و خاک

مقدمه

دشتهای قزوین، مرودشت و رزن همدان از جمله پهنه‌های مهم کشاورزی کشور هستند که طی سال‌های اخیر با چالش فزاینده شوری خاک مواجه شده‌اند. در دشت قزوین، بهره‌برداری سنگین از منابع آب زیرزمینی و افت پی‌درپی سطح ایستابی موجب افزایش غلظت نمک در خاک و آب‌های آبیاری شده و روند شورشدگی را به‌ویژه در بخش‌های جنوبی و شرقی تشدید کرده است. دشت مرودشت در استان فارس نیز که از مراکز اصلی تولید محصولات پرآب‌بر مانند برنج و چغندر قند محسوب می‌شود، به‌دلیل کاهش بارندگی و وابستگی شدید به منابع زیرزمینی، شاهد گسترش قابل توجه خاک‌های شور بوده است. در همین راستا، دشت رزن و قهاوند همدان به‌عنوان ناحیه‌ای نیمه‌خشک، نمونه بارزی از مناطقی است که فشار بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و کیفیت پایین برخی منابع آبی، موجب تشدید شوری خاک شده است. ریزافت بودن خاک‌ها و نبود زهکش کافی نیز زمینه را برای شورشدگی ثانویه فراهم کرده و پایداری کشاورزی منطقه را تهدید می‌کند. این شرایط نشان می‌دهد که مدیریت نامناسب منابع آب و خاک در کنار عوامل اقلیمی، نقش کلیدی در روند رو به افزایش شوری در این دشتهای داشته و ضرورت مداخلات اصلاحی را بیش از پیش برجسته می‌سازد.

با توجه به نقش اساسی این دشتهای در تأمین امنیت غذایی کشور، روند رو به افزایش شوری خاک تهدیدی جدی برای پایداری تولیدات کشاورزی محسوب می‌شود. در همین راستا، پایش مستمر تغییرات شوری خاک اهمیت زیادی دارد، زیرا امکان شناسایی مناطق بحرانی، تحلیل روندهای مکانی و زمانی و ارائه هشدارهای زودهنگام را فراهم می‌سازد. استفاده از داده‌های آزمایشگاهی



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



در کنار فناوری‌های سنجش‌ازدور و مدل‌های پیشرفته یادگیری ماشین می‌تواند تصویری دقیق و به‌روز از وضعیت شوری ارائه کند و زمینه را برای برنامه‌ریزی مدیریتی، اصلاح خاک و بهبود الگوی کشت فراهم آورد. چنین رویکردی نه تنها به کاهش خسارات اقتصادی ناشی از شورشدگی کمک می‌کند، بلکه گامی مؤثر در جهت بهره‌برداری پایدار از منابع آب و خاک در دشت‌های مهم کشور خواهد بود. پایش شوری خاک در سطح جهانی طی سال‌های اخیر با تحولات قابل توجهی همراه بوده است. یکی از مهم‌ترین دستاوردها انتشار نقشه جهانی خاک‌های شور (GSASmap) توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO, 2021) بود که با مشارکت بیش از ۱۰۰ کشور تهیه شد و مبنای جدیدی برای ارزیابی و پایش شوری در مقیاس‌های ملی و منطقه‌ای فراهم آورد. مرورهای جامع اخیر (Chen et al., 2023 و Gholizadeh et al., 2025) نیز نشان می‌دهند که سنجش‌ازدور و مدل‌های یادگیری ماشین نقش کلیدی در ارتقای دقت نقشه‌برداری شوری دارند و ادغام داده‌های چندمنبعی (Optical, SAR, DEM, Climatic) بهترین نتایج را ارائه

از نظر روش‌شناسی، الگوریتم‌های جنگل تصادفی (RF) و XGBoost همچنان پرکاربردترین ابزارها در برآورد شوری هستند. بر این اساس، هدف از این مطالعه تمرکز بر پایش و تحلیل تغییرات شوری خاک در سه دشت قزوین، مرودشت و رزن و قهاوند همدان در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ است. این سه دشت به‌عنوان نمونه‌هایی شاخص از مناطق کشاورزی کشور انتخاب شده‌اند که هر یک با شرایط اقلیمی و مدیریتی متفاوت، اما با چالش مشترک شوری خاک روبه‌رو هستند. دشت قزوین به دلیل افت مداوم سطح آب‌های زیرزمینی، دشت مرودشت به سبب کشت محصولات پرآب‌بر و فشار بر منابع آبی، و دشت رزن-قهاوند همدان به دلیل خاک‌های ریزبافت و زهکشی ناکافی، در معرض افزایش شوری قرار دارند. بررسی روند تغییرات شوری در این دشت‌ها می‌تواند نمایی روشن از وضعیت خاک‌های آبی کشور ارائه داده و زمینه‌ساز تصمیم‌گیری‌های مدیریتی برای حفظ پایداری کشاورزی در مناطق مشابه گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سه دشت مهم آبی ایران شامل قزوین، مرودشت (فارس) و رزن و قهاوند (همدان) انجام شد. دشت قزوین با وسعتی بیش از ۴۵۰ هزار هکتار به‌عنوان یکی از قطب‌های تولید محصولات زراعی و باغی مطرح است. دشت مرودشت با حدود ۳۰۰ هزار هکتار زمین زراعی، بخش بزرگی از تولید گندم، برنج و چغندر قند استان فارس را تأمین می‌کند. دشت رزن و قهاوند نیز با وسعتی نزدیک به ۲۰۰ هزار هکتار از اراضی همدان، سهم قابل توجهی در تأمین محصولات استراتژیک کشور دارند. برای بررسی تغییرات شوری، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC_e, dS/m) منتج از طرح پایش کیفیت خاکهای کشاورزی، در سال ۱۳۹۰ و داده‌های آزمایشگاهی منتج از طرح‌های استانی در سال ۱۴۰۰ گردآوری شد. نمونه‌برداری‌ها بر اساس شبکه‌ای منظم با فواصل حدود ۶×۶ کیلومتر صورت گرفت تا پراکنش مناسب نقاط در کل دشت‌ها تضمین گردد. در مجموع حدود 1000 نمونه خاک از سه دشت برداشت و در آزمایشگاه با روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب تجزیه شد.

برای تکمیل پایش میدانی، تصاویر ماهواره‌ای Landsat-8 OLI (سال ۱۴۰۰) و Landsat-5 TM (سال ۱۳۹۰) مورد استفاده قرار گرفت. تصاویر انتخاب‌شده مربوط به ماه‌های خرداد تا شهریور بوده‌اند تا اثر رطوبت سطحی و پوشش گیاهی موقتی به حداقل برسد. مراحل پیش‌پردازش شامل تصحیح رادیومتری و اتمسفری، تولید تصاویر ترکیبی بدون ابر، محاسبه شاخص‌های طیفی مرتبط با شوری (NDSI, SI, BSI) و پوشش گیاهی (NDVI, SAVI) انجام شد. برای تحلیل تغییرات، شاخص‌های طیفی محاسبه و با داده‌های میدانی کالیبره شدند برای تهیه نقشه‌های شوری از الگوریتم جنگل تصادفی (Random Forest, RF) استفاده شد. داده‌ها به دو بخش آموزش (۷۰٪) و آزمون (۳۰٪) تقسیم گردیدند. برای ارزیابی مدل، شاخص‌های آماری ضریب تبیین (R²)، میانگین خطای مطلق (MAE) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) محاسبه شدند. در نهایت، نقشه‌های شوری سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ به پنج کلاس استاندارد تقسیم شدند: غیرشور (EC_e < 2 dS/m)، شوری کم (۲-۴)، متوسط (۴-۸)،



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



شدید (۸-۱۶) و بسیار شدید (>16) سپس ماتریس تغییر برای هر دشت استخراج شد تا جابجایی پیکسل‌ها بین کلاس‌ها طی یک دهه مشخص گردد.

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج ارزیابی مدل جنگل تصادفی را برای پایش شوری خاک هر سه دشت نشان می‌دهد. نتایج ارزیابی مدل جنگل تصادفی در سه دشت قزوین، مرودشت و رزن و قهاوند همدان نشان داد که مدل از دقت بالایی در برآورد شوری خاک برخوردار بوده است. ضریب تبیین (R^2) در محدوده ۰/۷ تا ۰/۷۸ به دست آمد که بیانگر همبستگی مناسب بین مقادیر پیش‌بینی شده و داده‌های آزمایشگاهی است. در این میان، بهترین عملکرد مربوط به دشت مرودشت با R^2 برابر با ۰/۷۸ بود که نشان‌دهنده توانایی بالای مدل در شناسایی تغییرات شوری در این منطقه است.

جدول ۱- ارزیابی مدل RF برای پایش شوری خاک در سه دشت

دشت	R^2	RMSE (dS/m)	MAE (dS/m)	Kappa
قزوین	۰/۷۲	۲/۱	۱/۵	۰/۷۶
مرودشت	۰/۷۸	۱/۸	۱/۲	۰/۸۱
همدان قهاوند-رزن	۰/۷	۲/۴	۱/۷	۰/۷۲

شاخص RMSE بین ۱/۸ تا ۲/۴ دسی‌زیمنس بر متر و MAE بین ۱/۲ تا ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر قرار داشت که مقادیر قابل قبولی برای نقشه‌برداری شوری در مقیاس دشت محسوب می‌شود. به‌ویژه، مقدار RMSE پایین‌تر در دشت مرودشت نشان‌دهنده برتری دقت مدل در این منطقه نسبت به دو دشت دیگر است. همچنین، شاخص کاپا بین ۰/۷۲ تا ۰/۸۱ قرار گرفت که معرف توافق بالا بین نقشه‌های پیش‌بینی شده و داده‌های واقعی می‌باشد. بالاترین مقدار کاپا نیز در دشت مرودشت حاصل شد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که الگوریتم جنگل تصادفی توانسته است با دقت قابل قبول نقشه‌های شوری را تولید کند.

بر اساس شکل ۱، در دشت قزوین، مقدار میانگین شوری خاک از ۱/۹۲ دسی‌زیمنس بر متر در سال ۱۳۹۰ به ۴/۵۶ در سال ۱۴۰۰ رسید. این افزایش بیش از دو برابر، بیانگر ورود بخش قابل توجهی از اراضی دشت به محدوده خاک‌های شور و تأثیر مستقیم بر عملکرد محصولات زراعی است. در دشتهای رزن و قهاوند همدان، میانگین شوری خاک از ۲/۳ در سال ۱۳۹۰ به ۶/۸ دسی‌زیمنس بر متر در سال ۱۴۰۰ افزایش یافت. این تغییر شدید نشان‌دهنده روند سریع شورشدگی در منطقه‌ای نیمه‌خشک است که وابستگی بالایی به منابع آب زیرزمینی دارد. در دشت مرودشت، مقدار میانگین شوری از ۲/۲ در سال ۱۳۹۰ به ۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر در سال ۱۴۰۰ رسید. این افزایش نشان‌دهنده فشار مضاعف بر منابع آب و خاک به‌ویژه در اراضی تحت کشت محصولات پرآب‌بر مانند برنج است.

در هر سه دشت قزوین، مرودشت و رزن و قهاوند همدان طی بازه ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ سهم خاک‌های غیرشور به‌طور محسوس کاهش یافته و در مقابل، اراضی در کلاس‌های با شوری کم (۲-۴ دسی‌زیمنس بر متر) و به‌ویژه شوری متوسط (۴-۸ دسی‌زیمنس بر متر) افزایش داشته‌اند. این تغییرات بیانگر انتقال بخشی از اراضی حاصلخیز به محدوده‌های پرخطرتر است. در مرودشت، علاوه بر رشد قابل توجه کلاس متوسط، بخشی از اراضی وارد محدوده شوری شدید (۸-۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) شده‌اند که به کشت محصولات پرآب‌بر نظیر برنج نسبت داده می‌شود. در رزن و قهاوند شدت افزایش در کلاس‌های بالاتر بیشتر

از دو دشت دیگر بوده و نشان‌دهنده حساسیت بالای این منطقه به افت کیفیت آب آبیاری و زهکشی ناکافی است. به‌طور کلی، الگوی مشاهده‌شده حاکی از حرکت تدریجی خاک‌ها از شرایط مطلوب به وضعیت‌های بحرانی‌تر بوده و هشدار جدی برای پایداری کشاورزی این مناطق به شمار می‌آید. نتایج نشان داد که طی یک دهه اخیر، روند کلی تغییرات در سه دشت مورد مطالعه به سمت افزایش شوری و کاهش اراضی غیرشور حرکت کرده است. این روند بیانگر یک جابجایی تدریجی اما مستمر از شرایط بهینه به سمت شرایط بحرانی‌تر است. در دشت قزوین، افزایش شوری بیشتر به کاهش شدید سطح آب زیرزمینی و استفاده مداوم از منابع شور مرتبط است. این موضوع به‌ویژه در نواحی جنوبی و شرقی دشت نمایان‌تر بوده و با گسترش خاک‌های کلاس شوری متوسط همراه است. از منظر مدیریتی، این روند افزایشی شوری نشان می‌دهد که در صورت تداوم مدیریت ناپایدار منابع آب و خاک، این سه دشت به کانون‌های بحرانی شورشدگی در کشور تبدیل خواهند شد. بنابراین، تغییر الگوی کشت به سمت محصولات مقاوم به شوری، اجرای سیستم‌های زهکشی کارآمد، و کنترل برداشت آب زیرزمینی، از مهم‌ترین اقدامات اصلاحی برای جلوگیری از وخیم‌تر شدن شرایط محسوب می‌شوند.



شکل ۱- تغییرات شوری خاک در دشتهای مرودشت، رزن و قهاوند همدان و دشت قزوین

منابع:

- Chen, Y., Zhang, L., & Wu, Q. (2025). Ensemble learning approaches for soil property prediction: A comparative study of RF, XGBoost, and SVM models. *Geoderma*, 480, 116543. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.116543>
- FAO. (2021). *Global Soil Salinity Map (GSASmap v1.0)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/global-soil-partnership>



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



- Gholizadeh, A., Taghizadeh-Mehrjardi, R., & Triantafyllis, J. (2023). Remote sensing and machine learning in soil salinity mapping: A global review. *Catena*, 225, 106150. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.106150>

ABSTRACT

Soil salinity is one of the major threats to agricultural sustainability in arid and semi-arid regions of Iran, and its extent has been increasing in recent decades. This study aimed to assess changes in soil salinity in three major agricultural plains, namely Qazvin, Marvdasht, and Razan–Qahavand (Hamedan), during the period 2011–2021. For this purpose, laboratory measurements of soil electrical conductivity of the saturation extract (EC_e) were combined with Landsat satellite imagery for two time intervals. Salinity maps were generated using spectral indices (NDSI, BSI, SI, NDVI) in combination with the Random Forest (RF) algorithm, and the accuracy was evaluated using statistical indicators including R², RMSE, MAE, and Kappa. The results indicated that the RF model provided reliable predictions with R² ranging from 0.70 to 0.78 and Kappa between 0.72 and 0.81. Change analysis revealed a clear reduction in non-saline soils and a progressive expansion of moderately and strongly saline classes across all three plains. Specifically, mean salinity in Qazvin increased from 1.92 to 4.56 dS/m, in Marvdasht from 2.2 to 5.2 dS/m, and in Razan–Qahavand from 2.3 to 6.8 dS/m between 2011 and 2021. These findings highlight a serious risk for the sustainability of agricultural production in these regions, underscoring the urgent need for integrated soil and water management, crop pattern adjustment, and the development of efficient drainage systems.

Keywords: Irrigated plains, Remote sensing, Random Forest, Spatio-temporal salinity changes, Soil and water resources management

