

## بررسی دقت دستگاه القاءگر الکترومغناطیس (EM<sub>38</sub>) به منظور پایش شوری خاک در مقایسه با روش متداول استاندارد (مطالعه موردی: دشت یزد- اردکان)

۱- محمدعلی مشکوه، رئیس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد

yazdmeshkat@gmail.com

۲- محمدحسن رحیمیان، کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، مرکز ملی تحقیقات شوری

۳- روح‌الله تقی‌زاده مهرجردی، استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

دریافت: ۱۳۹۲/۰۱/۲۰

پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۰۶

### چکیده

گسترده‌ی شوری خاک در بخش‌های وسیعی از کشور اهمیت دست‌یابی به فنون و ابزارهای پایش شوری در مقیاس‌های مختلف مزرعه، دشت، حوزه و مقیاس ملی را دو چندان می‌کند. یکی از این ابزارها القاءگر الکترومغناطیس (EM<sub>38</sub>) است که می‌تواند در اراضی بایر و تحت کشت استفاده شود. هدف از انجام این پژوهش، بررسی قابلیت‌ها و توانایی‌های EM<sub>38</sub> در تهیه نقشه شوری خاک ۵۰۰۰ هکتار از اراضی دشت یزد- اردکان است. به این منظور، هم‌زمان با نمونه‌برداری از اعماق مختلف خاک (۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۱۰۰ سانتیمتری از سطح زمین)، قرائت‌های EM<sub>38</sub> در نقاط و وضعیت‌های مختلف قرارگیری این دستگاه بر روی زمین به صورت افقی و عمودی ثبت شد. پس از تهیه عصاره اشباع نمونه‌های خاک، هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. سپس ارتباط بین قرائت‌های EM<sub>38</sub> و هدایت الکتریکی خاک لایه‌های مختلف به کمک روش‌های رگرسیونی تعیین و در پایان نقشه شوری لایه‌های مختلف خاک تهیه گردید. با ارزیابی هر یک از نقشه‌های تهیه شده، دقت دستگاه EM<sub>38</sub> در تهیه نقشه شوری لایه‌های مختلف خاک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از EM<sub>38</sub> در پایش شوری خاک به عنوان روشی سریع، دقیق ( $R^2 > 0.75$ ) و کم‌هزینه، قابل توصیه است. از ضعف‌های این دستگاه، وابستگی دقت آن به رطوبت خاک است؛ به طوری که دقت این دستگاه در رطوبت‌های پایین، کمتر شده و در برخی موارد ضرایب همبستگی معنی‌داری به دست نمی‌آید.

واژگان کلیدی: شوری خاک؛ القاءگر الکترومغناطیس؛ رگرسیون چند متغیره خطی؛ اردکان.

### مقدمه

فناوری‌های جدید در این زمینه، القاءگر الکترومغناطیس<sup>۱</sup> (EM) است. این فناوری به خاطر این‌که برای انجام اندازه‌گیری نیازی به گرفتن نمونه خاک ندارد، از آسانی و راحتی بیشتری نسبت به سایر روش‌های اندازه‌گیری شوری برخوردار است. علت‌های دیگری مانند قابلیت حمل آسان، آسانی کار با آن، کاهش زمان و همچنین هزینه‌های نمونه‌برداری صحرائی نیز وجود دارد که آن را نسبت به سایر روش‌های متداول در این زمینه متفاوت نشان می‌دهد [۶]. مدل‌های گوناگونی از دستگاه‌های الکترومغناطیس بر مبنای همین فن ساخته و

شوری خاک، به عنوان یک عامل محدودکننده، به‌طور مستقیم روی رشد گیاهان تأثیر می‌گذارد. به همین دلیل شوری خاک در کشاورزی و منابع طبیعی همواره مورد توجه قرار گرفته و پژوهش‌های فراوانی را به خود اختصاص داده است. در این بین، تهیه نقشه شوری خاک یا برآورد شوری خاک در نقاط نمونه‌برداری نشده، اهمیت و جایگاه ویژه‌ای دارد [۶]. نظر به وسعت این عرصه‌ها در سطح کشور و اهمیت آن‌ها از نظر منابع و نهاده‌های کشاورزی، راهکاری لازم است تا ضمن جلوگیری از هدر رفت وقت و هزینه‌های هنگفت، ارزیابی آن‌ها را به شکل مؤثری انجام دهد. پژوهش‌های مختلفی برای مقایسه روش‌های مختلف اندازه‌گیری شوری خاک صورت گرفته است. یکی از

1-Electromagnetic induction

ارائه شده است. [۱۰] عنوان کرده‌اند که با انجام واسنجی دقیق و به کارگیری معادلات مناسب، دستگاه EM<sub>38</sub> می‌تواند ابزار مناسبی برای انجام سریع پیمایش‌های شناسایی در سطح کشور هند باشد. طبق تحقیقات [۷] اندازه‌گیری سریع هدایت الکتریکی در مزرعه با استفاده از EM<sub>38</sub> امکان‌پذیر است. همچنین [۲] از دستگاه EM<sub>38</sub> برای اندازه‌گیری اثر شوری خاک روی اکالیپتوس در جنوب غربی استرالیا استفاده کردند. آن‌ها پیشنهاد کردند که EM<sub>38</sub> برای ارزیابی سریع شوری منطقه قبل از کاشت می‌تواند برای کشاورزان مفید باشد. در ایران نیز با استفاده از دستگاه EM<sub>38</sub> موجود در مرکز ملی تحقیقات شوری، اندازه‌گیری‌های زیادی از شوری خاک انجام شده است [۴]، [۸]، [۹]. از نواقص این دستگاه وابستگی آن به رطوبت است. به این صورت که دقت این دستگاه در رطوبت‌های پایین، کم می‌شود. هدف از انجام این تحقیق، بررسی روابط بین شوری اعماق مختلف خاک و قرائت‌های دستگاه EM<sub>38</sub> در منطقه اردکان (استان یزد) است.

### مواد و روش‌ها

منطقه اجرای این پژوهش حدود ۵ هزار هکتار از اراضی شمال شهرستان اردکان واقع در دشت یزد-اردکان است. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی ۴۹° ۵۳' تا ۱۰' ۵۴° شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۱۹° ۳۲' تا ۲۵' ۳۲° شمالی قرار دارد (شکل ۱). قسمتی از منطقه مطالعاتی پوشیده از اراضی کشاورزی (باغ‌های پسته) است که به طور عمده در حاشیه جنوبی دیده می‌شود.

بخش میانی آن شامل دق رسی بوده که بدون هر گونه پوشش است. حاشیه شرقی و غربی آن قسمتی از اراضی واریزه‌های بادبزی شکل سنگ‌ریزه‌دار کشیده شده از کوه‌های مجاور حوزه به گودترین نقاط حوزه است.

انتخاب نقاط نمونه‌برداری در این تحقیق به کمک چندین لایه اطلاعاتی مانند داده‌های سنجش از دور، نقشه کاربری اراضی و با الگوریتم مربع لاتین صورت گرفته است. این الگوریتم، یک روش طبقه‌بندی تصادفی است که باعث نمونه‌برداری مؤثرتر به کمک توزیع چندمتغیر در هر منطقه می‌شود.

روانه بازار شده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان مدل‌های EM<sub>38</sub>، EM<sub>31</sub>، EM<sub>34</sub>، EM<sub>38</sub>-MK2 را نام برد. از این دستگاه‌ها در نقاط مختلف دنیا استفاده فراوانی شده است. [۳] با کاربرد EM<sub>31</sub>، میزان هدایت الکتریکی خاک را در ۱۶ هکتار از اراضی بسیار شور ساسکاچوان<sup>۱</sup> کانادا اندازه‌گیری نمود. آن‌ها با نمونه برداری خاک و اندازه‌گیری EC<sub>e</sub> و سپس با استفاده از منحنی واسنجی، داده‌های EM را به EC خاک تبدیل کردند. [۱۲] جهت اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک از EM<sub>34</sub> در استرالیا استفاده کردند. آن‌ها توانستند هدایت الکتریکی در حدود ۴۰ نقطه از خاک را در طی یک روز اندازه‌گیری کنند. نتایج آن‌ها بیان‌گر افزایش EC با افزایش عمق خاک بود. آن‌ها بیان نمودند که منبع شوری در لایه‌های زیرین خاک وجود دارد. در حال حاضر متداول‌ترین نوع این دستگاه که در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، مدل EM<sub>38</sub> است که توسط شرکت ژئونیکس<sup>۲</sup> کانادا ساخته شده است. مطالعات فراوانی بر روی استفاده از EM<sub>38</sub> برای ارزیابی و تعیین شوری خاک صورت گرفته است [۱] و [۱۱]. نتایج همه این مطالعات، بسط و توسعه معادلاتی است که قرائت‌های دستگاه را به هدایت الکتریکی نسبت‌های آب به خاک (EC<sub>1:5</sub>)، عصاره اشباع خاک (EC<sub>e</sub>) و هدایت الکتریکی ظاهری (EC<sub>a</sub>) در اعماق مختلف خاک مرتبط کرده است. مبنای روش مذکور مرتبط ساختن قرائت‌های افقی و عمودی دستگاه با شوری عصاره اشباع خاک، یا شوری اعماق مختلف خاک و یا متوسط وزنی شوری پروفیل خاک به صورت یک سری از ضرایب رگرسیونی است. در صورت امکان می‌توان ضرایب متفاوتی را برای انواع مختلف نیمرخ‌های شوری خاک مانند نیمرخ معکوس<sup>۳</sup> که در آن شوری با افزایش عمق خاک کاهش می‌یابد، نیمرخ منظم<sup>۴</sup> که شوری در عمق افزایش می‌یابد و نیمرخ یکنواخت<sup>۵</sup> که شوری با عمق تغییر چندانی نمی‌کند، به دست آورد. افزون بر آن، برای کلاس‌های مختلف رطوبتی یا برای کلاس‌های مختلف بافت خاک، رابطه‌هایی به صورت معادلات جداگانه

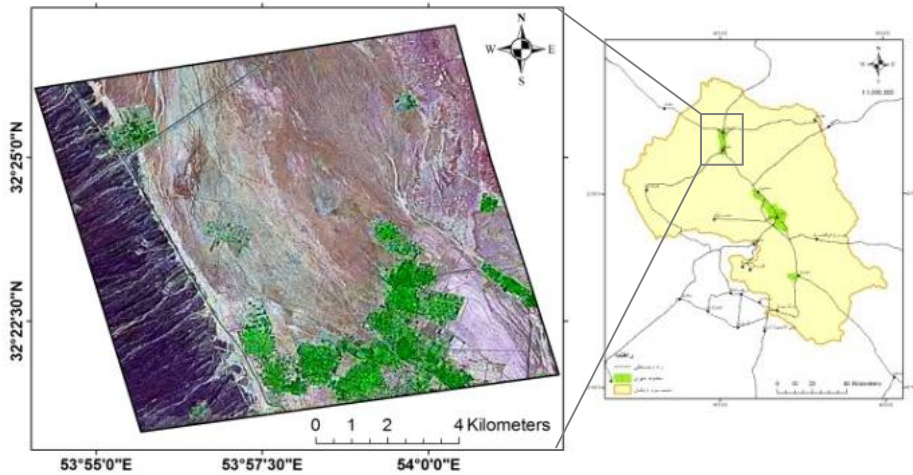
1-Saskatchewan

2-Geonics

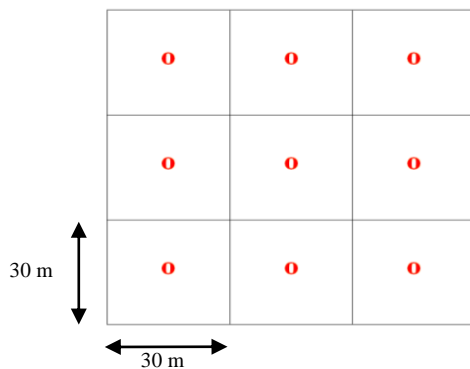
3- Inverted profile

4- Regular profile

5- Uniform profile



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در دشت یزد- اردکان.



شکل ۲. داده برداری شبکه‌ای توسط دستگاه EM<sub>38</sub>.

با اندازه‌گیری شوری عصاره اشباع نمونه‌های خاک ( $EC_e$ )، مجموعه‌ای از اطلاعات، شامل مقادیر شوری لایه‌های مختلف خاک در ۱۸۵ نقطه نمونه برداری و همچنین مقادیر شوری قرائت شده توسط دستگاه EM<sub>38</sub> در دو وضعیت افقی و عمودی در محل نقاط انتخاب شده تهیه گردید. بنابراین، داده‌های مورد استفاده برای تجزیه آماری شامل یک متغیر وابسته (شوری خاک) و متغیرهای مستقل (قرائت‌های افقی و عمودی دستگاه هدایت‌گر الکترومغناطیس) است که مورد تحلیل قرار گرفت. به منظور تعیین ارتباط بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل و تهیه نقشه نهایی شوری خاک، ابتدا داده‌های مشاهده‌ای به صورت تصادفی به دو مجموعه جدا از هم تقسیم شدند. حدود ۸۰٪ از این داده‌ها (۱۵۰ نقطه) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقدار ۲۰٪ باقیمانده (۳۵ نقطه) برای اعتبارسنجی نتایج (تعیین دقت نقشه

یک شبکه مربع حاوی موقعیت‌های نمونه، یک شبکه لاتین است اگر و تنها اگر فقط یک واحد نمونه برداری در هر ردیف و هر ستون وجود داشته باشد. پس از اجرای الگوریتم مربع لاتین، تعداد ۱۵۰ نمونه که دارای توزیع مکانی مناسبی بود، مشخص شد. با انتخاب نقاط نمونه برداری، موقعیت جغرافیایی نقاط مذکور به وسیله دستگاه سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) تعیین شد. پس از مراجعه به سایت‌های انتخابی، اقدام به قرائت دستگاه EM<sub>38</sub> در دو وضعیت قرارگیری افقی ( $EM_h$ ) و عمودی ( $EM_v$ ) شد. همزمان با انجام قرائت‌های EM<sub>38</sub>، نمونه برداری از خاک نیز صورت گرفت. نمونه‌ها از عمق‌های متداول در مطالعات شوری خاک (۱۵-۰، ۳۰-۱۵ و ۶۰-۳۰ سانتیمتر) برداشت شد. به منظور افزایش تراکم نقاط قرائت‌های EM<sub>38</sub> در منطقه مطالعاتی، علاوه بر نقاط انتخابی اولیه برای قرائت EM<sub>38</sub> در درون محدوده مطالعاتی، تعدادی نقاط نیز قرائت شد. روش قرائت دستگاه الکترومغناطیس در این نقاط اندکی متفاوت از سایر نقاط بود. به طوری که در اطراف هر یک از این نقاط یک شبکه فرضی به ابعاد ۹۰×۹۰ متر در نظر گرفته شد. سپس قرائت‌های دستگاه EM<sub>38</sub> در فاصله‌های ۳۰ متر از هم و در چهار طرف آن تکرار گردید. بنابراین نه قرائت در محل هر یک از این نقاط (با فاصله ۳۰ متر از هم‌دیگر) انجام شد. این روش که موسوم به قرائت شبکه‌ای است به طور شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است.

برای این متغیر عدد صفر بوده و کمتر بودن آن به مفهوم تطابق خوب مشاهدات و پیش‌بینی‌ها است.

### نتایج

نتایج تجزیه آماری در اعماق مختلف خاک در جدول ۱ آورده شده است. شکل ۳ نقشه‌های شوری خاک منطقه مطالعاتی در اعماق ۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۱۰۰ سانتیمتری خاک مبتنی بر داده‌های دستگاه EM<sub>38</sub> را نشان می‌دهد. مقایسه این نقشه‌ها نشان دهنده این است که شوری خاک لایه‌های سطحی (۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتیمتر) در بخش زیادی از منطقه مورد مطالعه بیشتر از مقادیر شوری در اعماق خاک (۳۰-۶۰ و ۶۰-۱۰۰ سانتیمتر) است. این موضوع ارتباط مستقیم با نوع کاربری اراضی، آبیاری نشدن بیشتر مناطق و آبخویی جزئی اراضی دارد.

جدول ۱. نتایج تجزیه آماری در اعماق مختلف خاک

عمق خاک (cm)	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
۰-۱۵	۱/۰۰	۲۴۵/۴۰	۵۵/۹۰	۶۶/۰۰
۱۵-۳۰	۱/۳۰	۲۳۸/۶۰	۶۴/۲۰	۶۶/۸۰
۳۰-۶۰	۱/۰۰	۲۱۰/۰۰	۵۷/۳۰	۵۵/۹۰
۶۰-۱۰۰	۱/۰۰	۲۳۱/۹۰	۴۰/۷۰	۴۱/۱۰

شکل ۴ میانگین وزنی شوری خاک در عمق ۰-۱۰۰ سانتیمتری از سطح زمین را نشان می‌دهد. این نقشه با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شده است:

(۴)

$$EC_{0-100} = ((EC_{0-15} * 15) + (EC_{15-30} * 15) + (EC_{30-60} * 15) + (EC_{60-100} * 15)) / 100$$

نتایج محاسبات نشان داد که میانگین شوری در عمق یک متری خاک به ۱۷۳ dS/m نیز می‌رسد که این مقادیر به طور عمده در نواحی شمال و جنوب شرقی منطقه مطالعاتی پراکنده شده‌اند.

نهایی) کنار گذاشته شد. برای انجام تجزیه آماری، ابتدا آزمون نرمالیته کولموگروف-اسمیرنوف بر روی متغیر وابسته انجام شد. سپس ارتباط بین این متغیر با متغیرهای مستقل به روش رگرسیون چند متغیره خطی<sup>۱</sup> بررسی شد (رابطه ۱):

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \alpha \quad (1)$$

که در آن:

Y متغیر وابسته مورد مطالعه و X متغیر مستقل است. ضرایب متغیرهای مستقل یا ضرایب رگرسیونی با  $\beta$  و  $\alpha$ ، مقدار ثابت این معادله است. نتیجه تجزیه آماری با این روش شامل مجموعه‌ای از مدل‌هاست که هر یک دارای ضرایب تعیین تصحیح شده ( $R^2_{adj}$ ) متفاوت است. ارزیابی صحت و کفایت هر مدل با استفاده از همین ضرایب صورت می‌گیرد. در این تحقیق با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و اعمال روش رگرسیون چند متغیره خطی به روش حذف پس‌رونده<sup>۲</sup>، مدل‌های مختلفی حاصل شد و بهترین مدل‌ها با توجه به مقدار بالاتر آماره  $R^2_{adj}$ ، انتخاب گردید. سپس با قرار دادن مقدار ثابت ( $\alpha$ ) و ضرایب رگرسیونی به دست آمده، رابطه رگرسیون خطی چند متغیره شکل گرفت. در پایان با داشتن تمامی متغیرهای رابطه (متغیرهای مستقل و ضرایب آن‌ها)، امکان ترسیم نقشه شوری خاک در نرم افزار الویس<sup>۳</sup> فراهم گردید. برای تعیین دقت نقشه‌های تهیه شده از آماره‌های ضریب تبیین ( $R^2$ )، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین مطلق خطا (MAE) استفاده شد (رابطه‌های ۲ و ۳).

$$RMSE = (\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 / n)^{0.5} \quad (2)$$

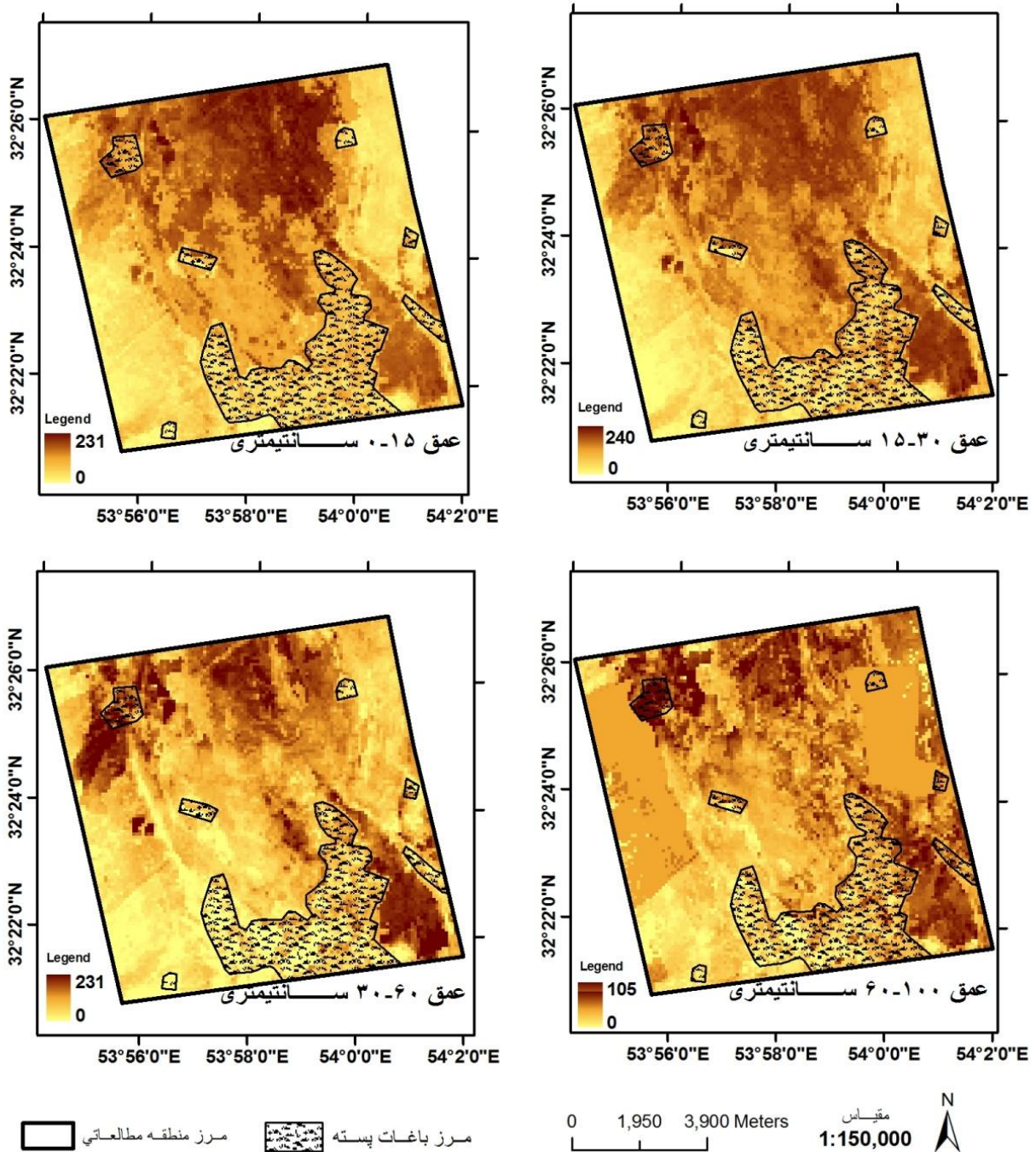
$$MAE = \frac{\sum |O_i - P_i|}{n} \quad (3)$$

که  $P_i$  و  $O_i$  به ترتیب نشان دهنده مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده و  $n$  تعداد مشاهدات است. بهترین مقدار

1-Multiple Linear Regression

2-Backward

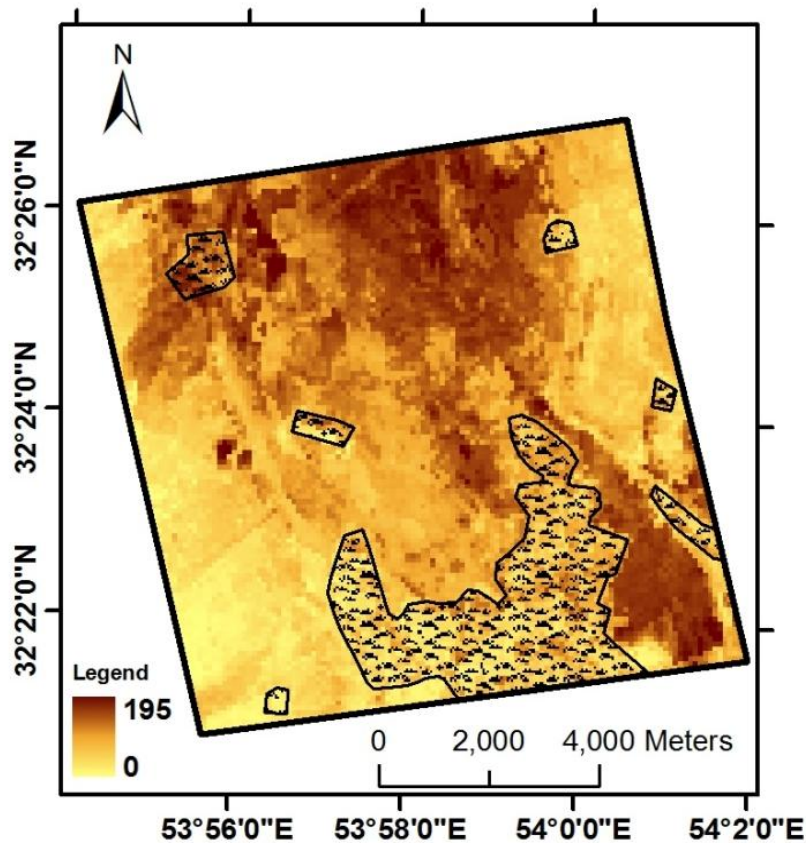
3-ILWIS



شکل ۳. نقشه شوری خاک منطقه مطالعاتی به تفکیک لایه‌های مختلف.

۵، تعدادی از نقاط مذکور در داخل و مجاورت باغ‌های پسته و بقیه آنها در سایر نقاط منطقه (اراضی بایر و کفه‌ها) پراکنده شده‌اند. این نقاط تقریباً تمامی کاربری‌ها و پوشش‌های خاک موجود در منطقه مطالعاتی را شامل می‌شود.

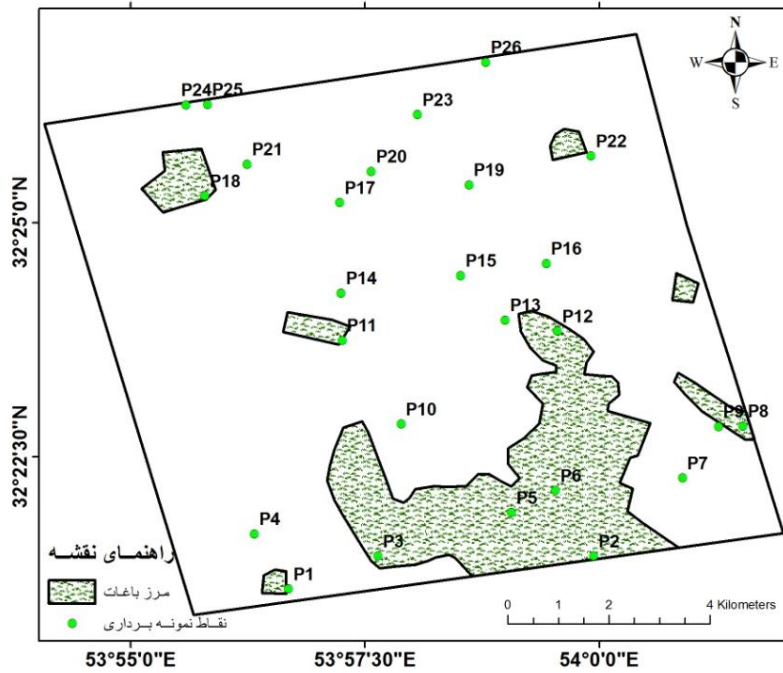
به منظور بررسی و تفسیر دقیق‌تر نتایج و نقشه‌ها، تعداد ۲۵ نقطه با توزیع نسبتاً یکنواخت و مناسب در محدوده مورد مطالعه انتخاب و چگونگی تغییرات شوری در دو جهت عمودی (لایه‌های مختلف خاک) و افقی (نقاط مختلف منطقه) بررسی گردید (شکل ۵). بر اساس شکل



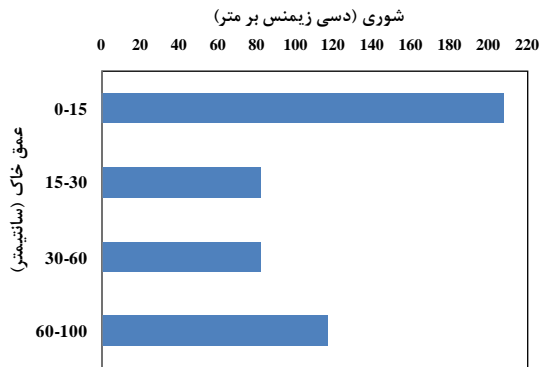
شکل ۴. نقشه میانگین وزنی شوری در عمق یک متری خاک.

خاک در سایر نقاط (مانند P15 و P26) می‌تواند نماینده‌ای از اراضی بایر منطقه مطالعاتی باشد. در این اراضی، مقادیر شوری خاک در لایه‌های سطحی به مراتب بیشتر از لایه‌های عمقی است که این ناشی از تبخیر زیاد و در نتیجه صعود کاپیلاری محلول شور خاک و انباشت تدریجی نمک در لایه‌های سطحی خاک است. در این پژوهش همچنین اقدام به بررسی بیشتر تغییرات شوری خاک در یک مسیر مستقیم (ترانسکت) نمونه‌برداری در امتداد غربی- شرقی گردید (شکل ۷).

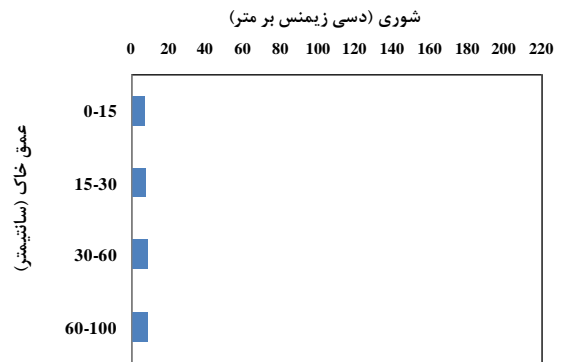
پروفیل شوری خاک در تعدادی از این نقاط در شکل ۶ نشان داده شده است. هم‌مقیاس بودن محور افقی و عمودی نمودارهای ارائه شده در این شکل امکان مقایسه آسان و سریع تغییرات شوری پروفیل خاک در نقاط گوناگون منطقه با کاربری‌های مختلف را فراهم می‌سازد. مشاهده می‌شود که شوری خاک در نقاط واقع در باغ-ها و مزرعه‌ها (مانند نقاط P3 و P18) میزان شوری خاک در تمامی اعماق مختلف تقریباً ثابت و یکنواخت بوده و همچنین میزان شوری به‌طور معنی‌داری کمتر از شوری خاک در اراضی بایر است. بررسی تغییرات شوری پروفیل



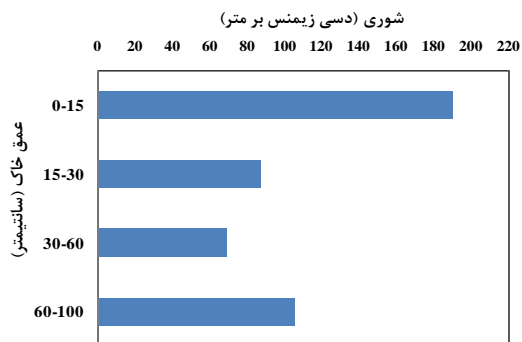
شکل ۵. پراکنش نقاط نمونه برداری برای مطالعه نیمرخ نمک خاک.



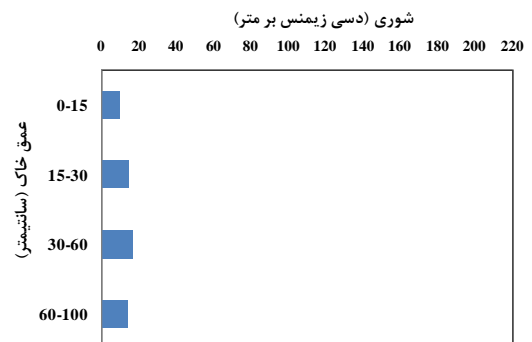
نقطه P15



نقطه P3

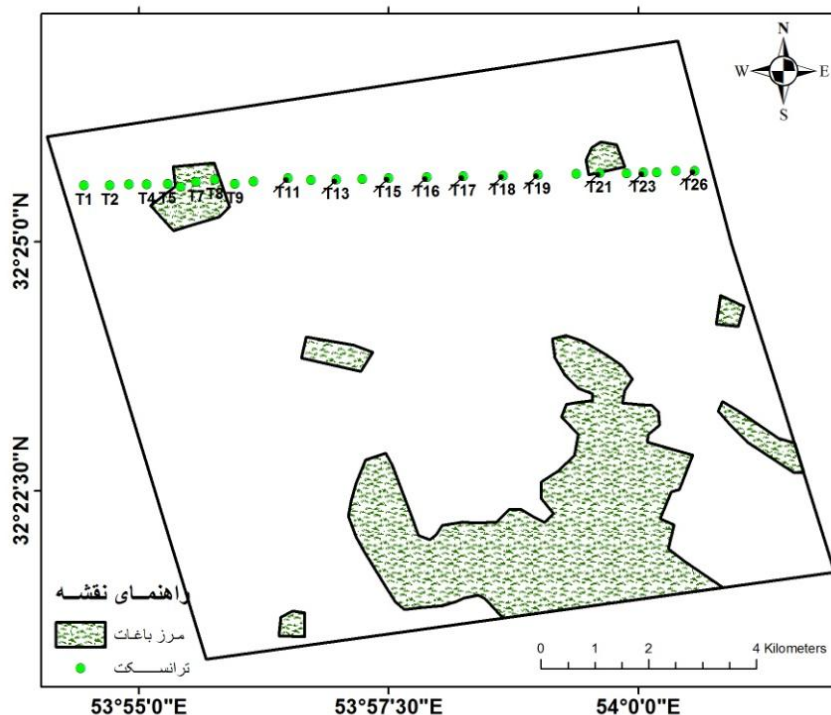


نقطه P26



نقطه P18

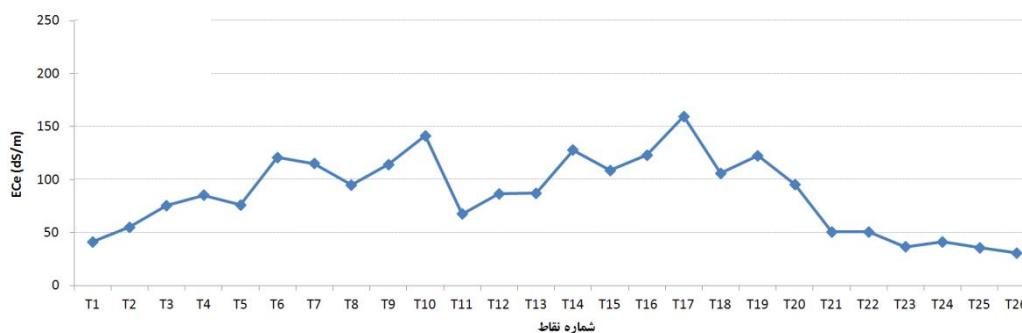
شکل ۶. پروفیل شوری خاک در تعدادی از نقاط نمونه برداری شده منطقه مطالعاتی.



شکل ۷- نقاط انتخاب شده در امتداد غربی - شرقی.

در تمامی لایه‌های خاک مساوی و در برخی افق‌های سطحی کمتر از اعماق است. شکل ۸ نیز تغییرات میانگین شوری نیمرخ خاک در مسیر مذکور را نشان می‌دهد.

در بیشتر نقاط این ترانسکت شوری خاک سطحی بیشتر از شوری در لایه‌های عمقی است. ولی این روند در مناطقی که در محدوده اراضی کشاورزی قرار گرفته‌اند (مانند نقاط T7 و T21) و ستون خاک در اثر آبیاری شستشو شده، متفاوت بوده و میزان شوری به طور تقریب



شکل ۸. تغییرات شوری در عمق یک متری بالای خاک در امتداد مسیر نمونه‌برداری.



جدول ۲. نتایج معیارهای ارزیابی خطا

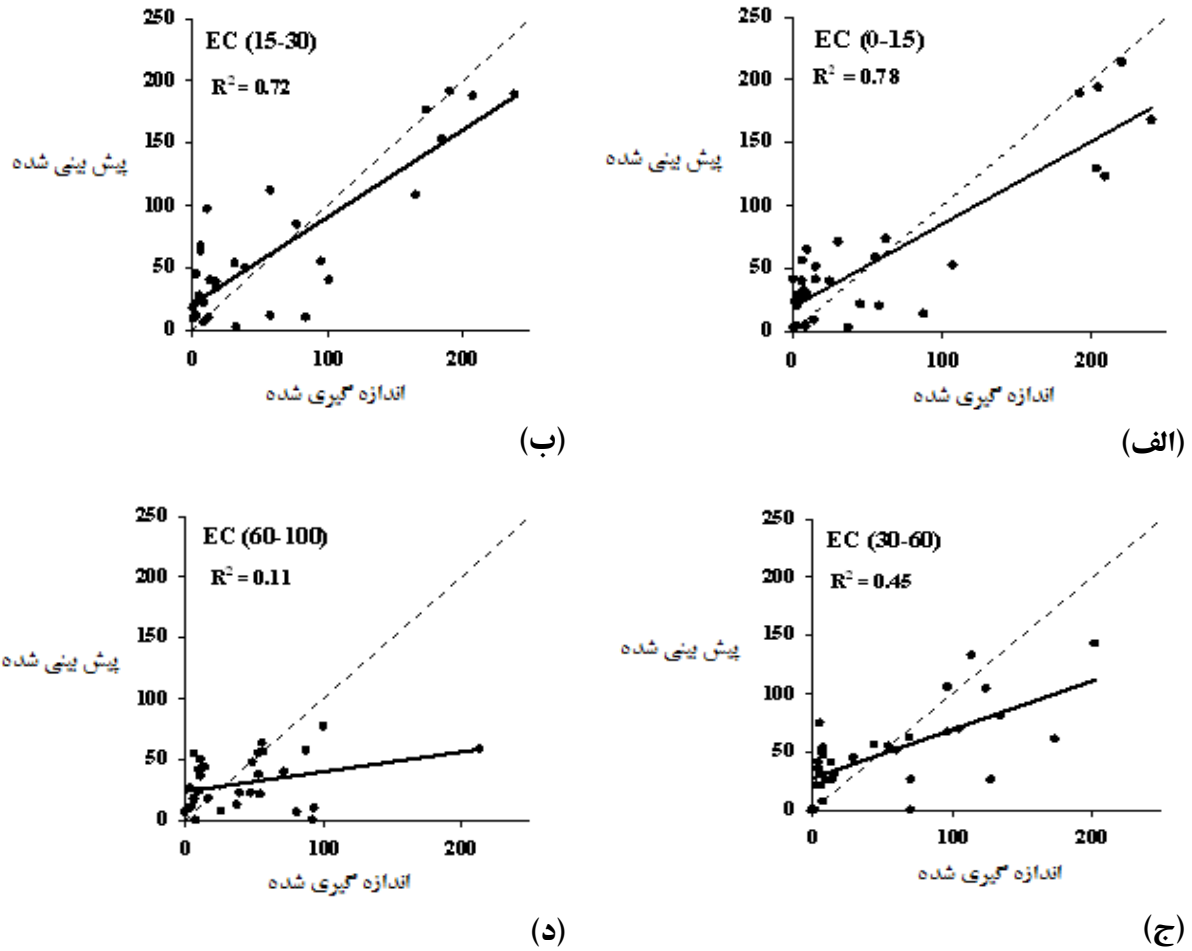
عمق خاک (cm)	ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	میانگین مطلق خطا (MAE)
۰-۱۵	۳۰/۶۱	۰/۷۸	۰/۹۹
۱۵-۳۰	۳۲/۶۷	۰/۷۲	-۲/۶۴
۳۰-۶۰	۴۲/۵۵	۰/۴۵	۳/۲۹
۶۰-۱۰۰	۴۲/۱۰	۰/۱۱	۱۱/۳۸

جدول ۲ نتایج معیارهای ارزیابی خطا را نشان می‌دهد. با توجه به جدول مذکور بالاترین دقت مدل برای پیش-بینی شوری خاک، مربوط به سطح خاک است. با تعیین ضرایب تعیین (R<sup>2</sup>) و بررسی دامنه تغییر ضرایب، نقشه‌های شوری خاک (شکل ۳) زمینه شد. شکل ۹ نمودارهای مربوط به مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی شوری خاک در اعماق مختلف را نشان می‌دهد. نزدیکی نقاط مربوط به مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی شوری خاک لایه‌های سطحی (۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتیمتر) بیان‌گر دقت بیشتر نقشه‌های تولیدی و به عبارتی، دقت دستگاه EM<sub>38</sub> و کارایی آن در تعیین شوری لایه‌های سطحی است. جزئیات بیشتری از این مقایسه برای تعدادی از نقاط واقع در محدوده مطالعاتی در شکل ۱۰ نشان داده شده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌گردد، همبستگی مناسبی بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی پروفیل شوری به‌ویژه در لایه‌های سطحی خاک دیده می‌شود.

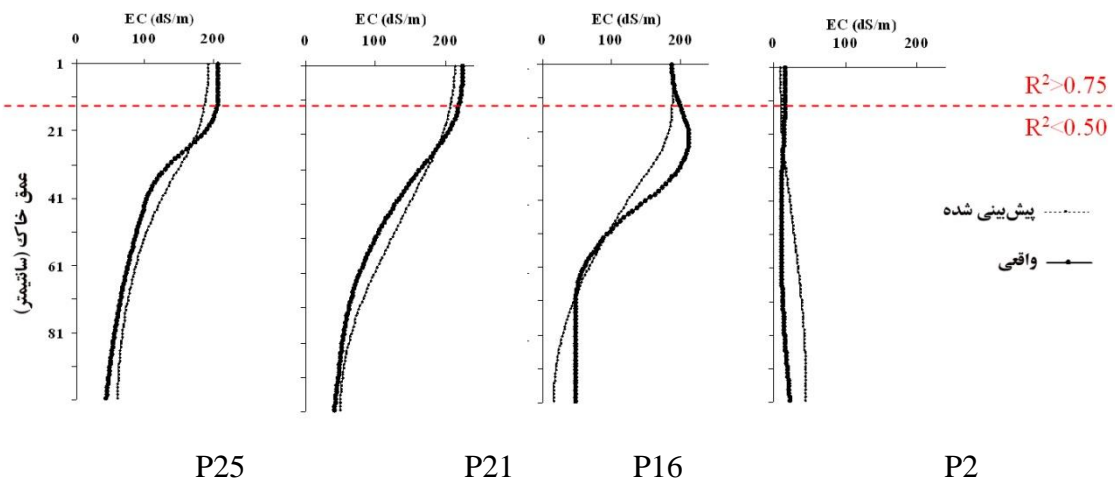
### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که دستگاه هدایت‌گر الکترومغناطیس نقش مهمی در پایش شوری خاک سطحی در منطقه مطالعاتی دارد. این دستگاه می‌تواند در پهنه‌بندی شوری خاک تمامی عرصه‌ها (کشاورزی و بایر) مورد استفاده قرار گیرد. عوامل متعددی بر کاهش توانایی و کارایی دستگاه EM<sub>38</sub> (به ویژه کاهش عمق پایش) تأثیر می‌گذارند که مهم‌ترین آن‌ها رطوبت خاک است. در شرایطی که خاک مرطوب باشد (مانند شرایط نمونه‌برداری‌های این پژوهش)، عمق موثر پایش شوری توسط این دستگاه ۶۰ سانتیمتر است.

نتایج نشان می‌دهد که برای تعیین یا پایش شوری خاک در مقیاس و سطوح وسیع، استفاده از دستگاه EM<sub>38</sub> روشی سریع، دقیق و کم‌هزینه بوده و در مجموع قابل توصیه است که با نتایج مطالعات [۲]، [۱]، [۵]، [۴]، [۸]، [۹]، [۱۱] و [۱۲] منطبق است. در مواقعی که پایش شوری خاک سطحی مورد نظر باشد، برای صرفه‌جویی در زمان انجام عملیات صحرایی، می‌توان تنها به قرائت‌های افقی دستگاه بسنده نمود. پیشنهاد می‌شود قرائت‌های دستگاه EM<sub>38</sub> در ارتفاع-های مختلفی از زمین انجام گیرد و ارتباط آن با خصوصیات خاک مورد ارزیابی قرار گیرد.



شکل ۹. مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی شوری خاک در اعماق مختلف الف (۰-۱۵، ب (۱۵-۳۰، ج (۳۰-۶۰، د (۶۰-۱۰۰ سانتیمتری.



شکل ۱۰. مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی شوری خاک در نیمرخ خاک تعدادی از نقاط واقع در منطقه مطالعاتی.

## References

- [1]. Barbiero, L., Cunnac, S., Mane, L., Laperrousaz, C., Hammecker, C., & Maeght, J. L. (2001). Salt distribution in the Senegal middle valley: Analysis of a saline structure on planned irrigation schemes from N'Galenka creek. *Agricultural Water Management*, 48, 201-203.
- [2]. Bennett, D. L., & George, R. J. (1995). Using the EM<sub>38</sub> to measure the effect of soil salinity on *Eucalyptus globulus* in southwestern Australia. *Agricultural Water Management*, 27 (1), 69-85.
- [3]. Cameron, D. R., Deiong, E., Read, D. W. L., & Osterveld, M. (1981). Mapping salinity using resistivity and electromagnetic inductive techniques. *Canadiann Journal of Soil Science*, 61, 67-78.
- [4]. Cheraghi, S. A. M., Hasheminejhad, Y., & Rahimian M. H. (2007). An overview of salinity problem in Iran: Assessment and monitoring technology. First Expert Consultation on "Advances in Assessment and Monitoring of Salinization for Managing Salt-affected Habitats" of the Global Network on Salinization Prevention and Productive Use of Salt-affected Habitats (SPUSH) and Meeting on the Status and Progress of Biosaline Agriculture of the Inter-Islamic Network on Biosaline Agriculture. Dubai, UAE.
- [5]. Li, H. T., Li, X. M., Philip, B., Li, W. P. & Hao, A. B. (2006). Application of electromagnetic method to soil salinization assessment. *Hydrogeology and Engineering Geology*, 33 (1), 95-98, (in Chinese).
- [6]. Meshkat, M. A. (2013). Soil Salinity Mapping Using Electromagnetic Induction Device (EM<sub>38</sub>). Final Report of Research Project, National Salinity Research Center, (in Farsi).
- [7]. Padhi, J., & Misra, R. K. (2011). Sensitivity of EM38 in determining soil water distribution in an irrigated wheat field. *Soil and Tillage Research*, 117, 93-102
- [8]. Rahimian, M. H., Hashemi Nejjhad, Y., Cheraghi, S. A. M. (2007). Use of EM<sub>38</sub> for salinity assessment in irrigated fields (unpublished data), (in Farsi).
- [9]. Rahimian, M. H., & Hasheminejhad, Y. (2011). Calibration of Electromagnetic Induction Device (EM38) for Soil Salinity Assessment. *Iranian Journal Soil Research (Soil and Water Science)*, 24 (3), (in Farsi).
- [10]. Sharma, D. P., & Gupta, S. K. (2000). Application of EM38 for soil salinity appraisal: An Indian Experiment, EM38 Workshop, New Delhi, India.
- [11]. Song, C. C., Yan, B. X., & Song, X. S. (2002). The electromagnetism technology application in the sodium-saline soil. *Scientia Geographica Sinica*, 22(1), 91-95, (in Chinese).
- [12]. Williams, B. G., & Baker, G. C. (1982). An electromagnetic induction technique for reconnaissance surveys of soil salinity hazards. *Australian Journal of Soil Research*, 20, 107-118.

## **Investigation of EM<sub>38</sub> accurassy for monitoring of soil salinity and its comparing with traditional method (Case study: Yazd-Ardakan plain)**

1- M. A. Meshkat, Head of Agricultural and Natural Resources Research Center, Yazd  
yazdmeshkat@gmail.com

2- M. H. Rahimian, Research Expert of Irrigation and Drainage Engineering, National Salinity Research Center, Yazd

1- 3- R.H. Taghizadeh-Mehrjardi, Assistant Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Ardakan

Received: 09 Apr 2013

Accepted: 26 Jan 2014

### **Abstracat**

Extent of soil salinity in vast areas of the country, verifies the necessity of advanced techniques and tools for monitoring of salinity at different scales farm, field, catchment and national scales. Electromagnetic induction (EM) is a technique that can be used for mapping of soil salinity in bareor cultivated land condition with no extensive field works and large soil samples. The main objective of this study is to evaluate the ability of EM<sub>38</sub> device for soil salinity mapping of 5,000 hectares of the Yazd-Ardakan plain soils. For this purpose, soil samples were collected from discrete depths (0-15, 15-30, 30-60 and 60-100 cm) as well as vertical and horizontal readings of EM<sub>38</sub> in sampled locations. Electrical conductivities of soil saturated pastes (ECe) were measured in the laboratory and then, relationships between EM<sub>38</sub> readings and ECe were analyzed. Results showed that the EM<sub>38</sub> instrument can be recommended as a rapid, accurate ( $R^2 > 0.75$ ), and RMSE=0.41) and relatively low cost technique for in-situ measurement of soil salinity. However, soil moisture should be considered as a major limitation for this technique.

**Keywords:** Soil salinity; Electromagnetic induction; Multiple Linear Regression; Ardakan.