



محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

## تعیین طول موج کلیدی شوری خاک در کانون‌های ریز گرد استان خوزستان با استفاده از تصاویر ابرطیفی

منصور چترنور<sup>۱</sup>، احمد لندی<sup>۲</sup> احمد فرخیان فیروزی<sup>۳</sup>، علی اکبر نوروزی<sup>۴</sup> و حسینعلی بهرامی<sup>۵</sup><sup>۱</sup>. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران<sup>۲</sup>. استاد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران و عضو مرکز پژوهشی منطقه‌ای ریزگردها، دانشگاه شهید

چمران اهواز، اهواز، ایران

<sup>۳</sup>. دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران<sup>۴</sup>. دانشیار، هیئت علمی پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران<sup>۵</sup>. دانشیار، گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

## چکیده

در سال‌های اخیر سطح وسیعی از اراضی استان خوزستان متأثر از شوری خاک و مشکلات ناشی از آن قرار گرفته است. متناسب با اهمیت این معضل، در این پژوهش به کاربرد تصاویر ابر طیفی در برآورد شوری کانون‌های ریز گرد استان خوزستان پرداخته شده است. به این منظور طیف اصلی خاک با استفاده از دستگاه FieldSpect تعیین و همچنین از روش رگرسیون چند متغیره ماشین بردار پشتیبان (SVR) برای مدل‌سازی رفتار طیفی خاک‌ها استفاده شده است. در ادامه روش‌های پیش‌پردازش طیف صاف شده (SG)، مشتق اول به همراه فیلتر ساویتزی گولای (FD-SG)، مشتق دوم به همراه فیلتر ساویتزی گولای (SD-SG)، روش نرمال‌سازی استاندارد (SNV) و روش حذف پیوسته (CR)، به منظور حذف نویز و افزایش دقت تصاویر ابر طیفی استفاده شد. بر اساس نتایج روش مشتق دوم (SD-SG) بهترین عملکرد (PRD = ۳/۶۰ و RMSE = ۵/۵۹ و  $R^2 = ۰/۹۳$ ) و روش صاف‌سازی ساویتزی گولای (SG) ضعیف‌ترین عملکرد (PRD = ۱/۸۸ و RMSE = ۱۰/۷۴ و  $R^2 = ۰/۷۶$ ) در برآورد شوری خاک داشته‌اند. علاوه بر این طول موج‌های ۲۲۳۰ و ۲۲۴۵ نانومتر بیش‌ترین همبستگی را با شوری خاک نشان داده و به عنوان طول موج کلیدی شوری خاک در این منطقه شناسایی شده‌اند.

**کلمات کلیدی:** ماشین بردار پشتیبان، طول موج کلیدی، فیلتر ساویتزی گولای، فیلتر مشتق دوم

## مقدمه

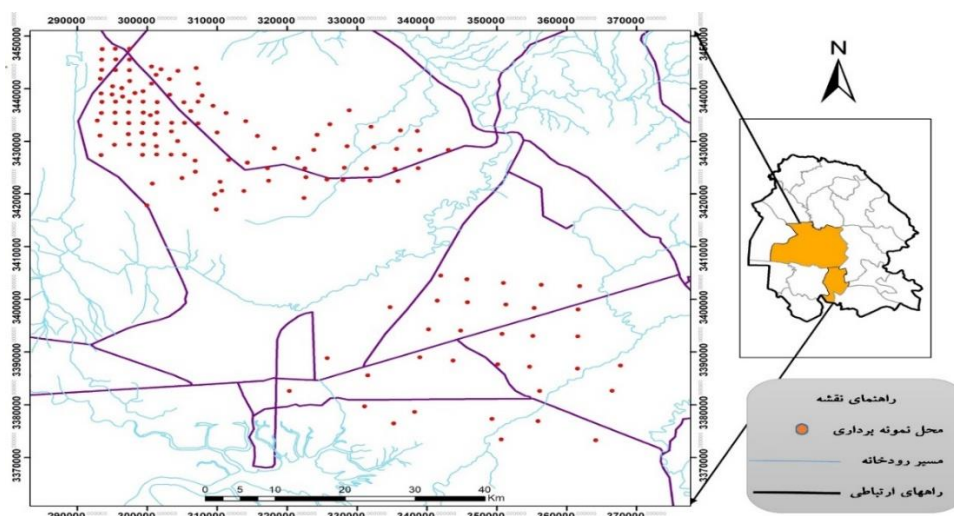
سطح وسیعی از اراضی استان خوزستان به کانون‌های مستعد تولید گرد و غبار تبدیل شده است. از عوامل کاهش مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی، افزایش شوری و سدیمی شدن خاک در این مناطق است. با توجه به سطح وسیع (حدود ۳۵۰ هزار هکتار) این مناطق، ارزیابی شوری خاک با روش‌های مرسوم و سنتی، پرهزینه و زمان‌بر است. علاوه بر این در روش‌های قدیمی تعمیم نتایج به کل منطقه دارای محدودیت‌هایی است. در سال‌های اخیر از تصاویر ابر طیفی در دامنه‌های مرئی، مادون‌قرمز نزدیک و مادون‌قرمز میانی (طول موج بین ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر) به عنوان روشی سریع، مقرون به صرفه و غیر مخرب برای برآورد ویژگی‌های خاک استفاده شده است. در شناسایی و ارزیابی شوری خاک استفاده از این روش مفید است (Zeng et al., 2018). به دلیل پیچیدگی ترکیبات نمک، ناهمگنی خاک و شرایط منطقه، اطلاعات طیفی در مناطق مختلف حتی در شوری‌های مشابه متفاوت است (Wang et al., 2014). در مورد شوری خاک طول موج خالص یا محدوده خاصی که مورد تاکید همه پژوهشگران باشد وجود ندارد و یا محدوده طیفی مورد نظر در ترکیب با خصوصیات دیگر مانند رطوبت خاک است (Farifteh et al., 2008). بنابراین نیاز است که دقت مدل‌ها در مناطق مختلف جهت برآورد شوری خاک ارزیابی شود.

\* ایمیل نویسنده مسئول (mansour\_chn@yahoo.com)

تاکنون مطالعاتی در زمینه برآورد خصوصیات خاک با استفاده از روش طیف‌سنجی انجام شده است. Farifteh *et al.* (2008) پژوهشی را برای بررسی رابطه بین غلظت نمک خاک و پاسخ طیفی با استفاده از مدل رگرسیونی خطی انجام دادند. در این مطالعه از سه بافت خاک مختلف و شش نوع مواد معدنی نمکی استفاده شد. نتایج نشان داد که برآورد مدل برای نمک NaCl، دارای دقت قابل قبول ( $R^2CV=0/65$  با  $R^2CV=0/3$ ) و برای نمک‌های KCl و  $Na_2SO_4$  دقت مدل‌سازی کاهش ( $R^2CV>0/5$ ) یافت. Zeng *et al.* (2018) باهدف مدل‌سازی شوری خاک از تصاویر ابر طیفی پیوسته و چند طیفی استفاده کردند، از مدل‌های رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR)، ماشین بردار پشتیبانی (SVM) و یادگیری عمیق (DL) جهت پردازش طیفی استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد مدل PLSR، عملکرد بهتری ( $R^2=0/71$  تا  $R^2=0/86$ ) نسبت به SVM و DL دارد در برآورد شوری نشان داد. ناوار و همکاران (۲۰۱۵) از مدل‌های رگرسیونی PLSR، MARS و SVR جهت برآورد خصوصیات خاک صحرای سینا در شمال مصر همراه با هفت روش پیش پردازش طیفی استفاده کردند و مشاهده کردند که مدل MARS با روش پیش پردازش حذف پیوسته<sup>۳</sup> (CR) دقت بالایی را در برآورد درصد رس و مواد آلی، با ضریب تعیین به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۹۰ به دست آوردند. Ji و همکاران (۲۰۱۶) از امواج مادون قرمز میانی (MIR) و طیف‌سنجی درجا، جهت برآورد خصوصیات خاک دو مزرعه آلی و معدنی در کانادا استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد مدل PLSR دقت مناسبی در برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی، کلسیم و منیزیم با ضریب تعیین بیشتر از ۰/۵۰ داشت (Ji *et al.*, 2016). اهداف از این پژوهش عبارت‌اند از مقایسه عملکرد انواع طیف‌های: طیف اصلی، پیش‌پردازش طیف نرم شده (SG)، مشتق اول به همراه فیلتر ساویتری گولای (FD-SG)، مشتق دوم به همراه فیلتر ساویتری گولای (SD-SG)، روش نرمال سازی استاندارد (SNV) و روش حذف پیوسته (CR) در برآورد شوری خاک در مناطق مستعد تولید ریز گرد استان خوزستان با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان (SVR) است. تعیین طول موج کلیدی شوری خاک در این مناطق هدف دیگر است.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در اراضی مستعد تولید گرد و غبار استان خوزستان در منطقه‌ای با مختصات ( $31^{\circ}10'N$ ) و ( $48^{\circ}41'E$ ) انجام شد. برای نمونه برداری خاک، منطقه مطالعاتی به صورت شبکه‌بندی منظم در ابعاد ۲ کیلومتر تقسیم‌بندی گردید. از تعدادی از شبکه‌ها که مستعد تولید ریز گرد بودند از عمق صفر تا ۵ سانتیمتر انجام شد نمونه برداری انجام شد و تعداد ۱۴۲ نمونه خاک جمع‌آوری گردید. در ادامه مراحل هوا خشک کردن نمونه‌ها، کوبیدن و عبور از الک دو میلی متری انجام شد. نقاط نمونه برداری در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت کانون ریز گرد و محل‌های نمونه برداری (نقاط قرمز رنگ) (سازمان محیط‌زیست، پژوهشکده تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری)

<sup>3</sup> Continuum removal

هدایت الکتریکی (EC) عصاره اشباع نمونه‌ها (جدول ۱) با دستگاه شوری سنجی DDS-11A در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (Zeng *et al.*, 2018). نتایج توصیف آماری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. توصیف آماری شوری نمونه‌های خاک

آماره							
کشیدگی	چولگی	انحراف معیار	ضریب تغییرات	میانگین	کمترین	میانه	بیشترین
۰/۱۶	۰/۵۹	۱۹/۰۲	۰/۵۵	۳۴/۳۸	۱/۶	۳۳/۸	۹۶/۵۵

طیف‌سنجی: طیف‌سنجی به دو روش انجام می‌شود: الف) روش در جا که با استفاده از طیف‌سنج قابل حمل در مزرعه و روش طیف‌سنج آزمایشگاهی که با برداشت نمونه و تعیین بازتاب نمونه خاک در آزمایشگاه انجام می‌شود. از معایب روش طیف‌سنجی در جا که به ویژه در مناطق مطالعاتی با وسعت زیاد بروز پیدا می‌کند: پیچیدگی روش و حساسیت طیف‌سنج به شرایط محیطی شامل رطوبت و شدت نور متغیر و همچنین روش نمونه‌برداری اشاره کرد. (Ji *et al.*, 2016) جهت اجتناب از این عوامل خطا، در پژوهش حاضر نمونه‌های خاک هوا خشک‌شده و سپس طیف‌سنجی در آزمایشگاه و اتاق تاریک انجام شد و اثرات رطوبت و نور مزاحم در شکل منحنی بازتاب به حداقل ممکن کاهش یافت. در ابتدا مقداری نمونه خاک خشک‌شده در پتری دیش<sup>۴</sup> با قطر ۱۰ سانتیمتر و ضخامت ۱ سانتیمتر قرار داده شد. اسکن نمونه‌ها در اتاق تاریک با استفاده از طیف‌سنج آزمایشگاهی ASD FieldSpec3 (ساخت شرکت Analytical Spectral Devices, Inc) انجام شد. بدین منظور نمونه خاک در زیر لامپ تنگستن هالوژن قرار گرفت. نور با زاویه ۲۰ درجه نسبت به عمود و در فاصله ۲۰ سانتیمتری به نمونه تابانده شده و بازتاب از طریق چشمی فایبراپتیک ثبت گردید. پس از ۵ بار اسکن متوالی، جهت حذف اثر توزیع اندازه ذرات بر روی طیف و ایجاد اختلاف طیفی، پتری دیش ۹۰ درجه چرخانده و پس از ۵ بار اسکن و از ۱۰ طیف میانگین‌گیری انجام شد و برای هر نمونه به عنوان طیف اصلی ذخیره شد. با استفاده از نرم‌افزار Viewspect داده‌های بازتاب طیفی به داده‌های با قالب ACSII تبدیل و وارد نرم‌افزار The UnscramblerX 10.2 شد سپس داده طیفی خروجی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به میزان بالای نویز در ابتدا و انتهای طیف‌ها، محدوده ۴۲۰-۳۵۰ و ۲۵۰۰-۲۴۷۰ از فرایند مدل‌سازی حذف شدند. در ادامه با عمل پیش‌پردازش داده‌های طیفی اصلی، شامل نرم‌سازی با روش ساویتزی گولای، روش‌های مشتق اول و مشتق دوم پیش‌پردازش شدند (Camo, 1998). مدل‌سازی با مدل رگرسیونی SVR انجام شد. نمونه‌ها به دو قسمت (۷۰ و ۳۰ درصد) تقسیم شد، از ۷۰ درصد اول برای مرحله واسنجی مدل و ۳۰ درصد باقیمانده نیز برای اعتبار سنجی مدل استفاده شد.

#### معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی دقت مدل‌ها از سه شاخص آماری ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین (R<sup>2</sup>) و نسبت عملکرد به انحراف (RPD)، استفاده شد (Chang *et al.*, 2001; Ji, Adamchuk, *et al.*, 2016).

$$PRD = \frac{SD}{RMSE} \quad (1)$$

SD انحراف معیار نمونه است

#### نتایج و بحث

نتایج برآورد شوری خاک با مدل SVR در شش گروه طیفی نشان داد که نوع روش‌های پیش‌پردازش در دقت برآورد مدل موثر بود و هر شش روش دقت برآورد خوب تا عالی را نشان دادند. (جدول ۲). تمامی طیف‌های پیش‌پردازش شده جز روش SG دقت بیشتری نسبت به طیف اصلی

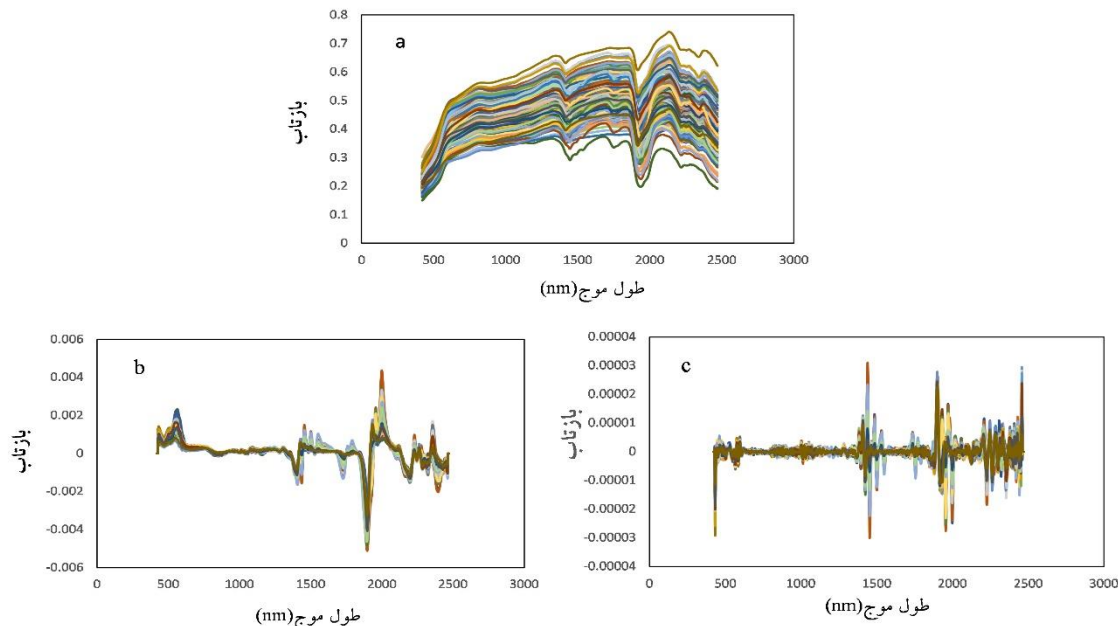
<sup>4</sup> Petri dish

بدون پیش پردازش نشان دادند. بهترین عملکرد در روش پیش پردازش مشتق دوم (SD-SG) ( $R^2 = 0.93$ ,  $RMSEP = 5/59$  و  $PRD = 3/60$ ) و ( $R^2 = 0.93$ ,  $RMSEP = 5/59$  و  $PRD = 3/60$ ) و کمترین عملکرد در طیف نرم شده (SG) ( $R^2 = 0.76$ ,  $RMSEP = 10/74$  و  $PRD = 1/88$ ) مشاهده شد. در چهار طیف CR ( $R^2 = 0.85$ ), SNV ( $R^2 = 0.78$ ), SD-SG ( $R^2 = 0.93$ ) و FD-SG ( $R^2 = 0.89$ )، دقت برآورد مدل SVR را نسبت به طیف اصلی ( $R^2 = 0.76$ ) افزایش داد و فقط برای روش SG ( $R^2 = 0.76$ ) دقت برآورد مدل کاهش یافت.

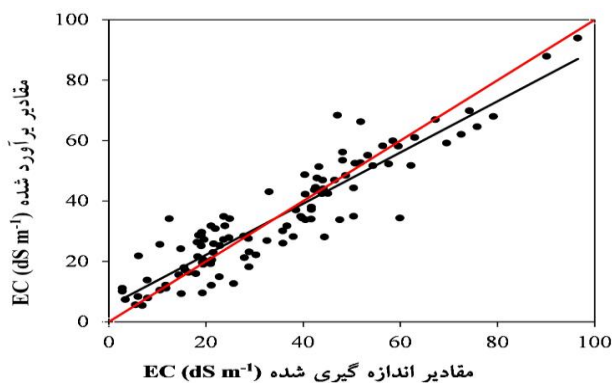
جدول ۲ نتایج آماری برآورد EC خاک در مدل SVR

مدل	پیش پردازش	معیارهای ارزیابی					
		واسنجی			اعتبارسنجی		
		$R^2$	RMSEP	PRD	$R^2$	RMSEP	PRD
SVR	Row	0.76	10/56	1/91	0.51	12/02	1/29
	SG	0.76	10/74	1/88	0.51	12/37	1/25
	FD-SG	0.89	6/59	3/05	0.84	6/27	2/47
	SD-SG	0.93	5/59	3/60	0.86	5/47	2/97
	SNV	0.78	9/44	2/13	0.65	9/05	1/71
	CR	0.85	7/8	2/85	0.79	7/18	2/15

در پژوهش حاضر مقادیر  $R^2$  در سری اعتبارسنجی کمتر از سری واسنجی و مقادیر RMSEP در سری اعتبارسنجی بیشتر از مقادیر مشابه آن در سری واسنجی بود، بنابراین از سری واسنجی جهت مقایسه عملکرد مدل‌ها استفاده گردید. با توجه به اینکه از نمونه‌های مستقل جهت برآورد شوری خاک استفاده شد. نتیجه برآورد در دو سری واسنجی و اعتبارسنجی متفاوت بود (Dardenne et al., 2000). وقتی دقت سری واسنجی کمتر از سری اعتبارسنجی باشد، از کیفیت برآوردها کاسته می‌شود و این موضوع در مدل SVR صادق است.

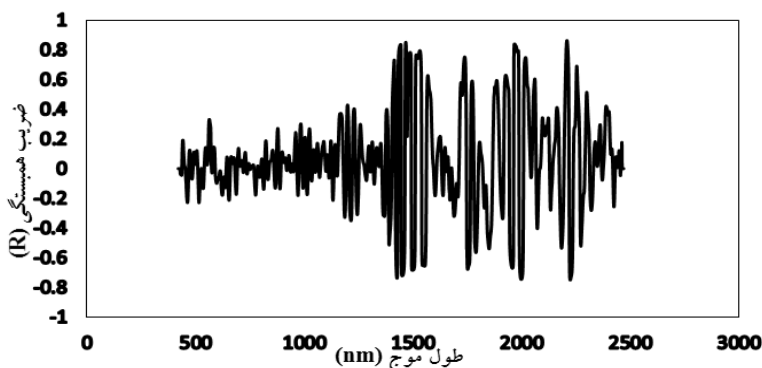


شکل ۲. بازتاب تعدادی از نمونه‌های خاک در سه حالت طیف اصلی (a)، مشتق اول (b) و مشتق دوم (c)



شکل ۳. نمودار مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده EC خاک در روش مشتق دوم

شکل ۴ همبستگی بین طیف اصلی را با EC خاک در هر طول موج نشان می‌دهد. همبستگی مثبت و منفی مابین EC با طیف خاک مشاهده شد. مثبت و منفی در طول موج‌های ۱۴۸۰، ۱۴۸۶، ۱۵۹۰، ۱۵۴۰، ۲۰۳۰، ۱۷۱۰، ۲۰۶۰، ۱۲۵۰، ۲۲۴۵ نانومتر مشاهده گردید و بیشترین همبستگی مثبت در  $(r=0/81)$  در طول موج ۲۲۳۰ و بیشترین همبستگی منفی  $(r=-0/75)$  در ۲۲۴۵ نانومتر مشاهده گردید. این طول موج‌ها را می‌توان تحت عنوان طول موج کلیدی در برآورد شوری این مناطق گزارش کرد.



شکل ۴. نمودار همبستگی پیرسون EC با طیف خاک در هر طول موج

در پژوهش‌های قبلی برای انواعی از نمک‌ها مشاهده شد که Halit (NaCl) خصوصیات جذبی در ۱۴۴۰ و ۱۹۳۳ نانومتر، halite و sylvite با طول موج‌های ۱۴۴۰ و ۱۹۳۳ نانومتر همبستگی نشان دادند (Farifteh *et al.*, 2008). خصوصیات جذبی در ۱۵۵۶ نانومتر مربوط به کانی bischofite است. در کانی Epsomite ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ) در طول موج‌های ۷۹۳، ۹۹۹، ۱۲۴۰، ۱۴۹۰، ۱۶۳۱، ۱۷۶۰ و ۱۹۴۶ نانومتر خصوصیات جذبی نشان داد (Farifteh *et al.*, 2008). گچ ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) با طول موج‌های ۱۰۰۰، ۱۲۰۰، ۱۴۰۰، ۱۷۰۰، ۲۰۰۰، ۲۲۰۰ و ۲۵۰۰ همبستگی داشت (Xu, Hunt, 1977). ۲۰۱۶ مشاهده کرد که طول موج ۵۴۰، ۵۷۰، ۱۴۳۰، ۱۴۶۰، ۱۷۴۰، ۱۸۷۰، ۱۹۴۰، ۲۰۱۰، ۲۳۵۰ و ۲۴۱۰ نانومتر با شوری خاک همبستگی دارد و ۴ طول موج ۵۴۰، ۱۷۴۰، ۲۰۱۰، ۲۳۵۰ حساسیت بیشتری به میزان شوری خاک داشتند. همچنین با استفاده از روش پیش‌پردازش مشتق دوم همبستگی را در طول موج‌های ۴۴۰، ۱۳۹۰، ۱۴۳۰، ۱۷۴۰، ۱۸۷۰، ۱۹۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۲۷۰ نشان دادند (Xu *et al.*, 2016).

نتیجه‌گیری کلی

این مطالعه در خاک‌های شور و سدیمی مناطق حساس به تولید ریز گرد استان خوزستان انجام شد. عملکرد برآورد EC خاک با استفاده از مدل SVR در حالت‌های ۶ طیف بازتابی شامل طیف اصلی (ROW) و پیش‌پردازش‌های SG، FD-SG، SD-SG، SNV و CR مقایسه شد. یافته‌های پژوهش نشان



داد که بهترین عملکرد در روش پیش پردازش مشتق دوم (SD-SG) و کمترین عملکرد در طیف صاف شده (SG) مشاهده گردید. همچنین طول موج ۲۲۳۰ و ۲۲۴۵ نانومتر تحت عنوان طول موج کلیدی در برآورد شوری این مناطق شناسایی شد. از طول موجهای کلیدی به دست آمده، می توان در مطالعات دور سنجی و تهیه نقشه شوری مناطق حساس به تولید گرد و غبار استان خوزستان استفاده کرد.

#### منابع

- Camo, A. 1998. The Unscrambler User Manual. CAMO ASA. Norway: 47-49
- Dardenne, P., Sinnaeve, G. and Baeten, V. 2000. Multivariate calibration and chemometrics for near infrared spectroscopy: which method? *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 8(4): 229-237.
- Farifteh, J., Van der Meer, F., Van der Meijde, M. and Atzberger, C. 2008. Spectral characteristics of salt-affected soils: A laboratory experiment. *Geoderma*, 145(3-4): 196-206.
- Hunt, G.R. 1977. Spectral signatures of particulate minerals in the visible and near infrared. *Geophysics*, 42(3): 501-513.
- Ji, W., Adamchuk, V.I., Biswas, A., Dhawale, N.M., Sudarsan, B., Zhang, Y., Rossel, R.A.V. and Shi, Z. 2016. Assessment of soil properties in situ using a prototype portable MIR spectrometer in two agricultural fields. *biosystems engineering*, 152: 14-27.
- Wang, J., Li, Z., Qin, X., Yang, X., Gao, Z. and Qin, Q. 2014. Hyperspectral predicting model of soil salinity in Tianjin costal area using partial least square regression. Paper presented at the Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International.
- Xu, C., Zeng, W., Huang, J., Wu, J. and van Leeuwen, W. 2016. Prediction of soil moisture content and soil salt concentration from hyperspectral laboratory and field data. *Remote Sensing*, 8(1): 42.
- Zeng, W., Zhang, D., Fang, Y., Wu, J. and Huang, J. 2018. Comparison of partial least square regression, support vector machine, and deep-learning techniques for estimating soil salinity from hyperspectral data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(2): 022204.



# 16<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

## Determination of the key wavelength of soil salinity in dust center of Khuzestan province using hyperspectral image

Mansour Chaternour<sup>1\*</sup>, Ahmad Landi<sup>2</sup>, Ahmad Farrokhian firouzi<sup>3</sup>, Aliakbar Noroozi<sup>4</sup> and Hosseinali Bahrami<sup>5</sup>

<sup>1</sup>. PhD Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

<sup>2</sup>. Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran and Dust research center, Shahid Chamran university of Ahvaz, Ahvaz, Iran

<sup>3</sup>. Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

<sup>4</sup>. Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran

<sup>5</sup>. Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

### Abstract

In recent years the wide area of the Khuzestan province is affected by soil salinity and its problems. Due of the importance of this issue, the aim of this study is using of hyperspectral image to estimating of soil salinity in dust centers of Khuzestan province. For this purpose, the FieldSpect is used to determine main spectra, also multivariate regression model, support vector machine is used for modeling soils spectral behavior. Following, five preprocessing methods including, the Savitzky-Golay filter, the first derivative with the Savitzky-Golay filter (FD-SG), the second derivative with the Savitzky-Golay filter (SD-SG), the normalization of standard method (SNV), and the continuum removed method (CR), is used to eliminate the noise and to increase the accuracy of the multivariate models. Base on the Results the second derivative (SD-SG) has been the best performance ( $R^2_{cal}=0.93$ ,  $RMSE_{cal}=5.59$ ,  $PRD_{cal}=3.60$ ) and Savitzky-Golay filter (SG) has been the weakness performance ( $R^2_{cal}=0.76$ ,  $RMSE_{cal}=10.74$ ,  $PRD_{cal}=1.88$ ) in estimating soil salinity. Furthermore the key wavelengths of soil salinity is identified in this study area by 2230 and 2245 nm.

Keywords: support vector machine, key wavelength, Savitzky-Golay filter, second derivative filter

---

<sup>1\*</sup>. Corresponding author, Email: [mansour\\_chn@yahoo.com](mailto:mansour_chn@yahoo.com)