



مجله مدیریت خاک و تولید پایدار  
جلد دوم، شماره اول، ۱۳۹۱  
<http://ejsms.gau.ac.ir>



گزارش کوتاه علمی

## امکان سنجی پیش‌بینی تغییرات بافت خاک با استفاده از هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده به وسیله دستگاه‌های EM38 و VERIS3100

\* ابوطالب هزار جریبی<sup>۱</sup>، حسین شریفان<sup>۱</sup>، مهدی ذاکری‌نیا<sup>۱</sup> و خلیل قربانی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۱۰

### چکیده

به منظور مدیریت مؤثر خاک به اطلاعات پایه درباره تغییرات مکانی خصوصیات خاک به ویژه بافت خاک مزرعه نیاز می‌باشد. در این پژوهش، توانایی سنسور EM38 در دو وضعیت افقی (EM38-h) و عمودی (EM38-v) و سنسور الکترودی VERIS3100 در دو وضعیت کم عمق (VERIS-sh) و عمیق (VERIS-dp) برای نشان دادن تغییرات بافت خاک از روش اندازه‌گیری ECa خاک در شهر برانشوایک، کشور آلمان ([www.vti.band.de](http://www.vti.band.de)) مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفتند. نتیجه‌ها نشان داد که اگرچه قرائت‌های EM38 و VERIS3100 ارتباط مستقیمی با درصد رس و سیلت دارند اما قادر به تخمین درصد رس خاک نمی‌باشند. سنسور EM38-v در مقایسه با دیگر حالات از توانایی بیش‌تری برای پیش‌بینی تغییرات بافت لایه ۹۰ سانتی‌متری فوقانی خاک برخوردار است ( $R^2=0/63$ ). مقایسه نتایج این پژوهش با پژوهش‌های مشابه دیگر بیانگر آن است که پیش‌بینی تغییرات بافت خاک با استفاده از ECa اندازه‌گیری شده توسط سنسورهای EM38 و VERIS3100 به بررسی بیش‌تری نیاز دارد.

واژه‌های کلیدی: بافت خاک، هدایت الکتریکی، EM38، VERIS3100

\* مسئول مکاتبه: [aboh10@yahoo.com](mailto:aboh10@yahoo.com)

## مقدمه

به منظور مدیریت مؤثر خاک نیاز به اطلاعات پایه درباره تغییرات مکانی خصوصیات خاک در مزرعه به ویژه بافت خاک می باشد که بسیاری از ویژگی های فیزیکی - شیمیایی خاک را تحت تأثیر قرار می دهد. در طی ۳۰ سال گذشته روش های متفاوتی برای تعیین تغییرات بافت خاک به کار گرفته شده اند. یکی از این روش ها، نمونه گیری از خاک است که روشی وقت گیر و پرهزینه بوده و با توجه به تعداد نمونه های خاک برداشت شده در واحد سطح از دقت به نسبت پایینی برخوردار است. روش دیگر روش سنجش از دور است که با مشکلاتی همانند امکان نداشتن اندازه گیری در زمان ابری بودن هوا، تأثیرگذاری متفاوت پوشش های مختلف سطح زمین، توزیع غیریکنواخت رطوبت در خاک، تأثیر توپوگرافی متفاوت بر اندازه گیری، هزینه بالا و پیچیدگی پردازش داده ها (جاسکوس و همکاران، ۲۰۰۱؛ هاپت و ونکلستر، ۲۰۰۲) همراه است.

روش سوم، روش اندازه گیری هدایت الکتریکی خاک (EC) با استفاده از روش های ارزان، سریع و غیرمخرب به کارگیری الکترودها یا الکترومغناطیس است. زیرا EC خاک به طور عمده تابعی از بافت خاک (به طور مشخص میزان رس خاک)، مقدار رطوبت و شوری خاک بوده (مکنیل، ۱۹۸۰؛ جیمز و همکاران، ۲۰۰۰) و در صورتی که میزان سهم دیگر فاکتورها در اثرگذاری روی EC شناسایی شده باشند، این پارامتر می تواند به منظور اندازه گیری غیرمستقیم یکی از این فاکتورها مورد استفاده قرار گیرد. در این ارتباط چنانچه اندازه گیری EC در خاکی غیرشور و در شرایط رطوبت ظرفیت زراعی مزرعه صورت پذیرد، می توان چنین فرض کرد که تغییرات EC خاک در این شرایط به طور عمده تحت تأثیر تغییرات بافت خاک می باشد. زیرا در این شرایط ضمن حذف تأثیر عامل شوری روی EC خاک، می توان مقدار رطوبت ذخیره شده در خاک در ظرفیت زراعی را تحت تأثیر میزان ذرات ریزدانه خاک شامل رس و سیلت دانست (درلسر، ۱۹۹۹؛ تریانتا فیلیس و لش، ۲۰۰۵؛ هدلی و همکاران، ۲۰۰۴؛ دالگارد و همکاران، ۲۰۰۱). ضریب همبستگی معادل ۰/۷۹، ۰/۹۰ و ۰/۷۲ مابین درصد رس و EC خاک به ترتیب توسط دالگارد و همکاران (۲۰۰۱) در دانمارک، درلسر (۱۹۹۹) در آلمان، هدلی و همکاران (۲۰۰۴) و تریانتا فیلیس و لش (۲۰۰۵) در استرالیا به دست آمد. و این و همکاران (۲۰۰۰) روشی را تشریح کردند که در آن بافت خاک می تواند با استفاده از اندازه گیری EC خاک طبقه بندی گردد. دمش و گیبل (۲۰۰۱) نیز EC ۲۰-۱۰ میلی زیمنس بر متر را برای خاک های شنی یا لوم شنی و EC ۳۰-۲۰ میلی زیمنس بر متر را برای خاک های شن لومی یا لومی در براندنبورگ کشور آلمان پیدا

کردند. هریست (۲۰۰۶) نیز با استفاده از سنسور EM38، قرائت‌های ۴-۱، ۸-۴، ۱۲-۸، ۱۶-۱۲، ۲۰-۱۶، ۲۵-۲۰، ۳۰-۲۵، ۳۵-۳۰ و ۷۰-۳۵ را به ترتیب برای بافت‌های شن گراول، شن، شن رسی، لوم شنی، شن لومی، لوم-شن، لوم، رس لومی و لوم رسی طبقه‌بندی نمود. در این پژوهش، با توجه به وجود سنسورهای تجاری مختلف برای اندازه‌گیری EC خاک، سنسور الکترومغناطیس EM38 در دو وضعیت افقی (EM38-h) و عمودی (EM38-v) و سنسور الکتروودی VERIS3100 در دو وضعیت کم‌عمق (VERIS-sh) و عمیق (VERIS-dp) از روش اندازه‌گیری هدایت الکتریکی ظاهری خاک (ECa) برای نشان دادن تغییرات بافت خاک در یک مزرعه پژوهشی در کشور آلمان مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌گیرند.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** مطالعات اولیه این پژوهش در یک مزرعه ۱۶/۶ هکتاری در موسسه تکنولوژی کشاورزی و مهندسی بیوسیستم واقع در شهر برانشوایک، کشور آلمان صورت پذیرفت. معرفی سنسورهای EM38 و VERIS3100: این سنسورها را به‌طور جداگانه نشان می‌دهد. این سنسورها ECa را در ضمن کشیده شدن بر روی خاک مزرعه و روی مسیری شبکه‌بندی شده اندازه‌گیری می‌کنند. عمق اسمی اندازه‌گیری سنسور EM38 معادل عمقی است که ۷۰ درصد جمععی سیگنال‌ها تا آن عمق نفوذ کرده باشند. در این شرایط وقتی این سنسور در وضعیت افقی و یا عمودی قرار می‌گیرد، عمق اسمی اندازه‌گیری آن به ترتیب برابر ۰/۷۵ متر و ۱/۵ متر بوده (مک‌نیل، ۱۹۸۰) که در این پژوهش به اختصار EM38-h و EM38-v نامیده می‌شوند (شکل ۱- الف و ب).



شکل ۱- راست) سنسور الکترومغناطیس EM38 و چپ) سنسور الکتروودی VERIS3100.

سنسور الکترودی VERIS3100 نیز می‌تواند ECa خاک را در دو وضعیت کم‌عمق و عمیق اندازه‌گیری نماید. در وضعیت کم‌عمق، عمق اسمی اندازه‌گیری ۰/۳ متر (عمق تأثیر ۹۰ درصد از سیگنال‌های به‌دست آمده از صفحات خارجی) و در وضعیت عمیق، عمق اسمی اندازه‌گیری ۰/۹ متر (عمق تأثیر ۹۰ درصد از سیگنال‌های به‌دست آمده از دیسک‌های داخلی) می‌باشد. در این پژوهش نیز این اندازه‌گیری‌ها برای آسانی در حالت کم‌عمق و عمیق به اختصار به ترتیب VERIS-dp و VERIS-sh نامیده می‌شوند. در این پژوهش سنسورهای EM38 و VERIS3100 توسط اتومبیل بر روی مسیرهای موازی و رفت برگشتی کشیده شدند به گونه‌ای که فاصله مسیرهای رفت و برگشتی بین ۶-۴ متر متغیر بود. پارامتر ECa هر ثانیه یک بار اندازه‌گیری گردید به گونه‌ای که با توجه به تنظیم سرعت اتومبیل، فواصل نقاط اندازه‌گیری بر روی مسیرهای رفت و برگشتی تقریباً ۴ متر بود (به‌طور تقریبی ۵۰۰ نقطه اندازه‌گیری در هر هکتار). اندازه‌گیری ECa در فصل زمستان و یک روز بعد از یک باران سنگین و در زمانی انجام گرفت که داده‌های رطوبتی خاک به‌دست آمده از ایستگاه هواشناسی واقع شده در فاصله ۴۰۰ متری مزرعه تحت آزمایش نشان می‌داد که رطوبت خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری درحد ۹۸ درصد رطوبت ظرفیت زراعی است. ضمن این‌که با توجه به میانگین بارش سالیانه ۶۵۰ میلی‌متری منطقه مورد مطالعه ([www.dwd.de](http://www.dwd.de)) از تأثیر شوری خاک بر روی ECa خاک صرف‌نظر گردید. هم‌زمان با اندازه‌گیری ECa، دستگاه موقعیت‌یاب DGPS نیز موقعیت نقاط اندازه‌گیری شده را با دقت  $\pm 2$  متر ثبت نمود.

**اصلاحات دمایی ECa خاک:** با توجه به تأثیر دمای خاک بر ECa خاک، مقادیر ECa به‌دست آمده از سنسورها به دمای استاندارد ۲۵ درجه سانتی‌گراد (EC<sub>25</sub>) اصلاح شدند تا با این روش امکان مقایسه کمی مقادیر اندازه‌گیری شده ECa به ۴ روش بالا میسر گردد. داده‌های خوانده شده در طی دوره اندازه‌گیری در یک لپ‌تاپ ذخیره و سپس نقشه تغییرات EC<sub>25</sub> با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری آرک‌ویو و مدل انتریولاسیون کریجینگ فضایی ترسیم گردیدند. براساس الگوی تغییرات مکانی ECa و پوشش کامل دامنه تغییرات ECa، از ۲۸ نقطه از زمین نمونه‌های خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری (۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری) با مته نمونه‌گیری برداشت شد و در صد ذرات رس، لوم و شن آن‌ها بر روش هیدرومتری در آزمایشگاه گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تعیین گردید. موقعیت هر یک از این نقاط ۲۸ گانه در مزرعه که ECa آن‌ها از قبل مشخص شده بود، با استفاده از موقعیت‌یاب DGPS تعیین گردید.

### نتایج و بحث

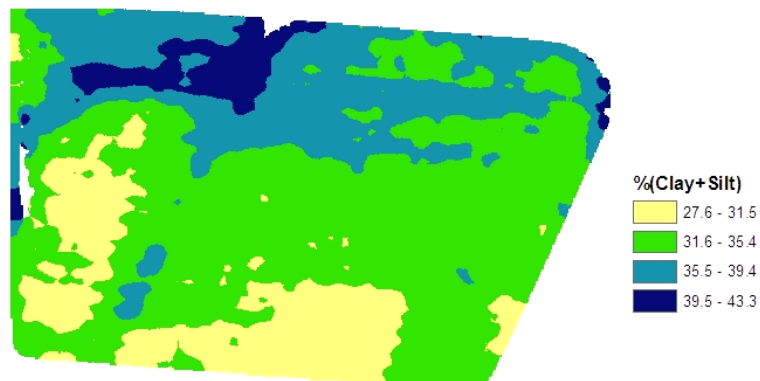
ECa ظاهری خاک در مزرعه به روش‌های EM38-h و EM38-v، VERIS-sh، VERIS-dp به ترتیب در ۸۳۸۳، ۸۳۸۳، ۷۹۶۷ و ۷۹۶۷ نقطه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. با توجه به تغییرات دمایی خاک از ۱۰-۰ درجه سانتی‌گراد در طی زمان اندازه‌گیری، مقادیر ECa با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ به EC<sub>25</sub> تبدیل گردیدند. با استفاده از برنامه EXCEL ضرایب تبیین ( $R^2$ ) و هم‌بستگی ( $r$ ) بین هر یک از روش‌های چهارگانه اندازه‌گیری EC<sub>25</sub> و درصد رس و همچنین بین روش‌های چهارگانه اندازه‌گیری EC<sub>25</sub> و مجموع درصد رس و سیلت در ۲۸ نقطه نمونه‌گیری شده محاسبه گردید (جدول ۱). در قسمت پیوست نمودارهای مربوط به ضرایب تبیین ارائه شده‌اند. بررسی نتایج گویای این مطلب است که ECa خاک اندازه‌گیری شده توسط سنسورها ارتباط مستقیمی با درصد رس و مجموع درصد رس و سیلت داشته و با افزایش ذرات دانه‌ریز خاک (رس و سیلت) مقدار ECa خاک نیز افزایش و در بیش‌تر موارد بین درصد رس و مجموع درصد رس و سیلت با قرائت‌های ECa توسط سنسورها هم‌بستگی وجود ندارد. تنها در سه مورد بین مجموع درصد رس و سیلت با قرائت‌های ECa توسط سنسورها هم‌بستگی وجود داشته است.

جدول ۱- مقادیر ضریب تبیین ( $R^2$ ) به دست آمده از روش‌های مختلف اندازه‌گیری برای پیش‌بینی مقادیر درصد رس و مجموع درصد رس و سیلت.

روش اندازه‌گیری EC <sub>25</sub>	تعداد نمونه خاک	عمق نمونه‌گیری از خاک برای تعیین مجموع درصد رس و سیلت (سانتی‌متر)			عمق نمونه‌گیری از خاک برای تعیین درصد رس (سانتی‌متر)		
		۰-۳۰	۰-۶۰	۰-۹۰	۰-۳۰	۰-۶۰	۰-۹۰
EM38-h	۲۸	۰/۲۲۳۶	۰/۳۳۹۰	۰/۴۴۱۱	۰/۱۱۱۳	۰/۱۳۶۸	۰/۱۷۳۷
EM38-v	۲۸	۰/۲۲۸۵	۰/۴۰۴۵	۰/۶۳۱۰	۰/۱۵۰۹	۰/۵۵	۰/۰۵۱۲
VERIS-sh	۲۸	۰/۱۱۷۹	۰/۱۰۲۵	۰/۰۸۷۳	۰/۰۷۹۳	۰/۰۲۵۲	۰/۰۳۱۹
VERIS-dp	۲۸	۰/۱۱۰۴	۰/۲۴۲۰	۰/۳۹۹۷	۰/۱۸۱۷	۰/۰۳۰۱	۰/۰۳۳۶

بررسی نتایج اطلاعات جدول ۱ بیانگر آن است که هیچ‌یک از قرائت‌های چهارگانه (VERIS-dp، VERIS-sh، EM38-v و EM38-h) قادر به تخمین تغییرات درصد رس خاک نمی‌باشند. زیرا برای

هر سه عمق ۰-۳۰، ۰-۶۰ و ۰-۹۰ سانتی متر ضرایب تبیین ( $R^2$ ) ضعیفی برای هر یک از قرائت‌های چهارگانه بالا به دست آمده است. در حالی که برای تخمین مجموع درصد رس و سیلت ضرایب تبیین بالاتری به دست آمده است. مقایسه نتیجه‌های به دست آمده در جدول ۱ به خوبی نشان می‌دهند که قرائت‌های سنسور VERIS3100 در هر دو حالت سطحی و عمیق قادر به تخمین تغییرات درصد رس و تغییرات مجموع درصد رس و شن در هر سه عمق ۰-۳۰، ۰-۶۰ و ۰-۹۰ سانتی متر نیست، در حالی که قرائت‌های سنسور EM38 دارای ضرایب تبیین بالاتری است. به طوری که حداکثر مقادیر ضریب تبیین برای پیش‌بینی تغییرات بافت در عمق‌های ۰-۳۰، ۰-۶۰ و ۰-۹۰ سانتی متر با استفاده از قرائت‌های EM38-v به دست آمده‌اند. نتیجه‌های جدول ۱ نشان می‌دهند که بالاترین ضریب تبیین برای لایه‌های ۰-۶۰ و ۰-۹۰ سانتی متری با استفاده از سنسور EM38 در وضعیت عمودی (EM38-v) به دست آمده‌اند ( $R^2=0/6310$  و  $R^2=0/4045$ ). بهتر بودن مقادیر ضریب تبیین مربوط به سنسور EM38 در هر دو وضعیت افقی و عمودی برای بیان تغییرات مجموع درصد رس و سیلت در لایه ۹۰ سانتی متر فوقانی موافق با چگونگی تغییر تأثیر نسبی هریک از سنسورها با عمق خاک است که در کاتالوگ دستگاه ذکر شده است. پایین بودن مقادیر ضریب تبیین ( $R^2$ ) ارایه شده در جدول ۱ بیانگر آن است که در مرزعه ۱۶/۶ هکتاری تحت مطالعه در این پژوهش پارامترهای دیگر مؤثر بر ECa خاک مانند مقدار ماده آلی خاک، اندازه و چگونگی توزیع تخلخل خاک نیز دارای تغییرات مکانی بوده و مقدار ECa خاک را تحت تأثیر قرار داده‌اند. با توجه به ضرایب  $R^2$  به دست آمده در جدول ۱ می‌توان چنین نتیجه گرفت که سنسور EM38 در حالت عمودی در مقایسه با دیگر حالات از توانایی بیشتری برای پیش‌بینی تغییرات بافت خاک لایه ۹۰ سانتی متری فوقانی خاک برخوردار است (شکل ۲). در این پژوهش با توجه به پایین بودن ضرایب تبیین در بیش‌تر حالات و به دست آمدن ضریب تبیین قابل قبول برابر با ۰/۶۳ برای تخمین مجموع درصد رس و سیلت در عمق ۹۰ سانتی متری فوقانی خاک با استفاده از سنسور EM38-v، اقدام به ترسیم نقشه تغییرات مجموع درصد رس و سیلت در عمق ۹۰ سانتی متری فوقانی خاک با استفاده از معادله کالیبراسیون  $y=1/372x-2/5571$  گردید (شکل ۱). نتیجه‌ها نشان داد اگرچه سنسورها از نظر کیفیت اندازه‌گیری مشابه‌اند، اما از نظر کمیت اندازه‌گیری متفاوتند.



شکل ۲- نقشه تغییرات مجموع درصد رس و سیلت خاک در ۹۰ سانتی متری فوقانی خاک در ۴ کلاس مختلف.

#### منابع

1. Dalgaard, M., Have, H., and Nehmdahl, H. 2001. Soil clay mapping by measurement of electromagnetic conductivity. P 367-372, In: Proceedings of third European conference on precision agriculture, Montpellier, France.
2. Domsch, H., and Giebel, A. 2001. Electrical conductivity of soils typical for the state of Brandenburg in Germany. 3rd European Conf. on Precision Agriculture. June, 18-20, Montpellier, France, Pp: 373-378.
3. Durlusser, H. 1999. Bestimmung der Variation Bodenphysikalischer Parameter in Raum und Zeit mit electro-magnetischen induktionsverfahren. (In German) FAM-Bericht 35, Technische universität münchen Eijkelkamp Agrisearch Equipment 2003 Operating instructions, EC-probe set for soil conductivity measurements, 121p.
4. Hedley, C.B., Yule, I.Y., Eastwood, C.R., Shepherd, T.G., and Arnold, G. 2004. Rapid identification of soil textural and management zones using electromagnetic induction sensing of soils. Austr. J. Soil Res. 42: 4. 389-400.
5. Herbst, R. 2006. Precise Soil Texture Inventory by an On-the-go Sensor EM38. 18<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. July 9-15, 2006-Philadelphia, Pennsylvania, USA.
6. Hupet, F., and Vanclooster, M. 2002. Intraseasonal dynamics of soil moisture variability within a small agricultural maize cropped field. J. Hydrol. 261: 86-101.
7. Jacques, D., Mohanty, B., Timmerman, A., and Feyen, J. 2001. Study of time dependency of factors affecting the spatial distribution of soil water content in a field-plot. Phys. Chem. Earth. 26: 629-634.
8. James, I.T., Waine, T.W., Brandley, R.I., Godwin, R.J., and Taylor, J.C. 2000. A comparison between traditional methods and EMI scanning for determining soil textural boundaries. Agenda 2000, Warwick.

9. McNeill, J.D. 1980. Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers. Technical Note TN-6. Geonics Limited, Ont., Canada.
10. Triantafilis, J., and Lesch, S.M. 2005. Mapping clay content variation using electromagnetic induction techniques. *Computers and Electronics in Agriculture* 46: 203-237.
11. Waine, T.W., Blackmore, B.S., and Godwin, R.J. 2000. Mapping Available Water Content and Estimating Soil Textural Class Using Electro-magnetic Induction. EurAgEng Paper No. 00-SW-044, AgEng2000 Warwick, UK.





## **Evaluation of the possibility of mapping surface soil texture variation by using soil electrical conductivity measured by EM38 and VERIS3100**

**\*A. Hezarjaribi<sup>1</sup>, H. Sharifan<sup>1</sup>, M. Zakerinia<sup>1</sup> and Kh. Ghorbani<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 2011/09/04; Accepted: 2012/05/30

### **Abstract**

Effective management of the soil resource requires basic information about the spatial distribution of various soil attributes particularly soil texture. In this study, the ability of two sensors 1) EM38, both horizontal (EM38-h) and vertical (EM38-v) orientations and VERIS3100, both shallow and deep modes to monitor the variation of the soil texture were evaluated and compared at Braunschweig, Germany ([www.vti.band.de](http://www.vti.band.de)). The results showed that EM38 and VERIS3100 readings were directly associated with clay and silt quantities but they were not able to estimate the variation of the clay contents. EM38-v has more ability to predict soil texture in the upper 90 cm in comparison with others methods ( $R^2=0.63$ ). Comparison between present results and the same studies shows that the estimation of the soil texture variation using EM38 and VERIS3100 readings requires more investigation.

**Keywords:** Soil texture, Electrical conductivity, EM38, VERIS3100

---

\* Corresponding Authors; Email: [aboh10@yahoo.com](mailto:aboh10@yahoo.com)

