تعیین محل سخت لایه ی شخم با حسگر پیوسته مقاومت مکانیکی خاک متصل به گاوآهن برگردان‌دار (۲۸۶)

بهاره جمشیدی[۱] ، ارژنگ جوادی[۲] ، احمد شریفی[۳]

چکیده

استفاده از حسگرها در کشاورزی دقیق به منظور اندازه‌گیری و بهبود خواص فیزیکی خاک اخیراً مورد توجه بسیاری از محققین واقع شده است. مقاومت مکانیکی خاک یکی از مهمترین خواص فیزیکی است که بر فشردگی خاک، رشد گیاه و عملکرد آن تأثیر می‌گذارد. بنابراین، علاقهٔ محققان به تشخیص مکان لایه‌های فشرده افزایش یافته است. پنترومتر عمودی به شیوه ی رایج برای اندازه‌گیری مقاومت خاک استفاده می‌شود ولی بسیار وقت‌گیر و طاقت‌فرساست و روشی عملی برای تعیین فشردگی خاک در مزارع وسیع نیست. بنابراین نیاز به روشی پیوسته و در حال حرکت برای تعیین لایهٔ فشرده خاک است. در این تحقیق، یک حسگر پیوسته به منظور اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک در زیر عمق کار گاوآهن برگردان‌دار با هدف ذخیرهٔ انرژی و زمان طراحی و ساخته‌شد. به منظور اطمینان از کارکرد حسگر، تست‌هایی با حسگر ساخته‌شده پیش از اتصال به خیش در آزمایشگاه سویل بین اجرا و با پنترومتر عمودی مقایسه شد. خاک ناهمگن با رطوبتی ثابت به گونه‌ای تهیه شد که در یک لایهٔ ۱۰ سانتی‌متری (جایی که حسگر عمل می‌کند) فشردگی نسبی بیشتری داشته‌باشد. نتایج شباهت‌هایی بین اندازه‌گیری‌هـ ی حاصل از پنترومتر عمودی و حسگر ساخته‌شده نشان داد. همچنین، به منظور بررسی امکان تشخیص سخت‌لایهٔ شخم با حسگر متصل به خیش، آزمون‌هایی با شرایط مشابه به دو روش اندازه‌گیری با حسگر به تنهایی، و اندازه‌گیری با حسگر متصل به خیش در دو عمق اندازه‌گیری زیر عمق شخم گاوآهن اجرا شد. نتایج نشان داد که مقاومت مکانیکی خاک اندازه‌گیری‌شده با حسگر متصل به خیش در هر دو عمق بیش از مقادیر اندازه‌گیری‌شده با حسگر به تنهایی است و سخت‌لایه ی شخم در لایه ی ۲۵-۲۰ سانتی‌متری خاک تشکیل می‌شود. بنابراین، حسگر پیوستهٔ ساخته‌شده می‌تواند سخت‌لایه ی شخم را حین اجرای عملیات تشخیص و تکرار به کارگیری ادوات در مزرعه را کاهش دهد.

کلیدواژه: حسگر، مقاومت مکانیکی خاک، اندازه‌گیری پیوسته، سخت‌لایهٔ شخم، گاوآهن برگردان‌دار

[۱]- عضو هیئت علمی، موسسه تحقیقات نی و مهندسی کشاورزی، پست الکترونیک: jamshidi.bahareh@gmail.com
[۲]- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات نی و مهندسی اورزی
[۳]- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

مقدمه

مقاومت مکانیکی خاک یکی از عوامل موثر در رشد گیاه، مصرف انرژی، استفاده بهینه از سایر نهاده‌ها مانند آب و کود و به طور کلی چرخه تولید محصولات کشاورزی است که تاثیر آن به طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است. استفاده از روش‌های معمول ایستگاهی یا نقطه‌ای برای اندازه‌گیری آن در مزارع به‌ویژه با توسعهٔ ابعاد، مستلزم صرف وقت زیاد است و علاوه بر نداشتن دقت قابل اطمینان، بسیار مشکل است. تاکنون تحقیقات زیادی در راستای ساخت ابزاری برای اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک به طور پیوسته در حین حرکت، انجام شده است:

علی‌همسیاه[1] و همکاران با ارائه تکنیکی برای اندازه‌گیری افقی مقاومت خاک دریافتند که یک همخوانی و همبستگی مثبت بین مقاومت به نفوذهای اندازه‌گیری‌شده با نفوذسنج عمودی (پنترومتر[2]) و افقی وجود ارد. بنابراین، نیرو یا مقاومت به نفوذ (مقاومت مکانیکی) افقی خاک می‌تواند بیانگر مقاومت به نفوذ عمودی خاک نیز باشد[۴].

آدامچوک[3] و همکاران یک تیغه عمودی با ۴ عدد کرنش‌سنج[4] نصب‌شده در پشت آن را برای تخمین مقاومت مکانیکی به طور پیوسته در سه عمق مختلف خاک طراحی کردند. به‌گونه‌ای‌که هنگام حرکت تیغه در خاک، کرنش‌سنج‌ها تغییر شکل ایجادشده توسط مقاومت خاک را اندازه‌گیری می‌کردند. این سیستم فقط می‌توانست ممان خمشی و کرنش در تیغه را اندازه بگیرد و به نظر رسید که اندازه‌گیری مقاومت خاک با آن سخت اشد[۲].

خلیلیان و همکاران ساقه‌ای مجهز شده به ۵ قطعه ۳ اینچی که هر کدام توسط دو عدد لودسل[5] فشاری حمایت می‌شد به منظور اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک به صورت افقی و پیوسته طراحی کردند. این ابزار قادر به تشخیص مقاومت مکانیکی خاک در عمق‌های مختلف در حین حرکت آن در خاک تا عمق ۱۸ اینچ (۴۶ انتی‌متر) بود[۸].

معمار دستجردی و همکاران اقدام به تعیین ارتباط شاخص مخروطی[6] و شاخص جدیدی برای تعیین فشردگی به نام شاخص مقاومت مکانیکی خاک کردند که ابزار اندازه‌گیری آن شبیه نفوذسنج مخروطی بوده اما به صورت افقی و پیوسته در خاک حرکت می‌کند و دریافتند که ارتباط خطی میان آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار است[۱].

ورشور[7] و همکاران نیز یک حسگر برای اندازه‌گیری پیوسته مقاومت خاک ساختند. آن‌ها باله‌هایی را در دو طرف یک ابزار برای اندازه‌گیری ممان خمشی قرار دادند و رابطه ممان خمشی را با مقاومت مکانیکی خاک تا عمق ۳۰ سـ نتی‌متر یافتند. این سیستم توانایی اندازه‌گیری مقاومت خاک را در حالت حرکت داشت اما رابطه به‌دست‌آمده بین نیروهای افقی و عمودی بسیار ضعیف بود[۱۱].

آدامچوک و همکاران یک شاخهٔ مجهزشده به یک نوک منشوری در قسمت تحتانی، برای تشخیص مقاومت مکانیکی خاک در حین حرکت و برای عمق‌های مختلف خاک‌ورزی ساختند. این ابزار مجهز به دو لودسل و دو استرین‌گیج نصب‌شده بر روی شاخه، برای حس‌کردن بار وارده و کرنش حاصل از ممان خمشی ایجادشده در ابزار و در طول عملیات خاک‌ورزی است. در این سیستم، توزیع فشار مقاوم خاک وارد بر ساقهٔ محافظ و نوک به صورت خطی در نظر گرفته شده بود و نتایج یک ارزیابی محدود نشان داد که سیستم پاسخگوی توزیع غیر خطی فشار مقاوم عمودی نیز هست[۳].

در تحقیق دیگری، ابزاری با ۸ گوه مجهز به استرین‌گیج‌هایی در پشت یک طرف هر کدام از گوه‌ها، و نصب‌شده جلوی یک شاخهٔ زیرشکن طراحی و ساخته شد. دستگاه ساخته‌شده قادر به تشخیص فشردگی خاک در عمق‌های مختلف به طور پیوسته و تا عمق ۴۰ سانتی‌متر بود ولی نتوانست سخت‌لایه خاک را مشخص کند[۱۰].

---

[1] - Alihamsiyah
[2] - Penetrometer
[3] - Adamchuck
[4] - Strain Gauge
[5] - Load Cell
[6] - Cone Index
[7] - Verschoore

هال[1] و ریپر[2] حسگری برای اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی افقی خاک به طور پیوسته طراحی ردندکه شامل تیغه‌ای مجهز به یک نوک منشوری در عمق ۶۰ انتی‌متری از سطح خاک و مبدل نیروی عمودی برای دازه‌گیری مقاومت حس‌شده توسط نوک منشوری بود. نتایج نشان داد که این حسگر همانند یک پنترومتر عمودی قادر به تشخیص پروفیل فشرده خاک است[۷].

چانگ[3] و همکاران نیز اقدام به ساخت یک حسگر پروفیل مقاومت خاک برای اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک با استفاده از نوک‌های منشوری مجهز به لودسل نصب‌شده در جلوی ابزار کردند. آن‌ها اثر فاصله و طول نوک‌های منشوری را در دو سرعت و دو عمق مطالعه و فاصله و طول نوک‌ها را به ترتیب ۱۰ و ۵/۱ سانتی‌متر انتخاب کردند. نتایج نشان داد که داده‌های حاصل از اندازه‌گیری با حسگر در مزرعه تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با داده‌های نفوذسنج مخروطی به صورت خطی ارتباط ارند[۶].

در بیشتر تحقیقات انجام‌شده، زبانه اندازه‌گیر مقاومت مکانیکی خاک به گونه‌ای طراحی شده که یا فقط در یک عمق قادر به اندازه‌گیری است یا در چند عمق مختلف از سطح خاک که معمولاً به صورت مستقل و قبل از انجام عملیات خاک‌ورزی عمل می‌کنند. تخمین در لایه‌های عمیق‌تر ،حداقل زیر عمق شخم، نسبت به لایه‌های سطحی از اهمیت بیشتری برخوردار است و انرژی بیشتری را طلب می‌کند. بنابراین، به‌کارگیری چنین ابزاری به صورت ترکیب با ادوات خاک‌ورزی این امکان را به وجود می‌آورد که ضمن کاهش تردد اضافی ماشین که باعث افزایش فشردگی خاک است، اندازه‌گیری مقاومت و تشخیص لایه فشرده حاصل از عمل خاک‌ورزی یا سخت‌لایه شخم، همزمان با انجام عملیات مربوطه، صورت گیرد. این پیوستگی به دلیل کاهش و یکنواختی انرژی مصرفی در زمان خاک‌ورزی، از نظر اقتصادی به صرفه است و به مدیریت صحیح خاک‌ورزی نیز کمک می‌کند تا انتخاب تعداد، اندازه و خصوصیات ادوات خاک‌ورزی موردنیاز بعدی در مزارع خصوصاً در رفع مشکل فشردگی راحت‌تر شود.

در این تحقیق ابزاری برای اتصال به خیش گاوآهن برگردان‌دار طراحی و اخته‌شده است که همزمان با عملیات شخم در دو عمق زیر عمق شخم قادر به تخمین فشردگی باشد و امکان تشخیص سخت‌لایه شخم به طور پیوسته همزمان با انجام عملیات شخم وجود داشته باشد. انتخاب گاوآهن برگردان‌دار به دلیل متداول بودن و تعداد زیاد این وسیلهٔ خاک‌ورز در ایران صورت گرفت و از آنجا که به کارگیری گاوآهن خود منجر به ایجاد سخت لایه شخم است اهمیت موضوع و کاربرد حسگر نمایان می‌شود.

مواد و روش‌ها

طراحی و ساخت حسگر

به منظور طراحی و ساخت حسگر اندازه‌گیر پیوستهٔ مقاومت مکانیکی افقی خاک، پس از بررسی روش‌های موجود و تحقیقات انجام‌شده در این زمینه و با در نظر گرفتن سادگی سیستم و صرفهٔ اقتصادی آن روش مناسبی انتخاب شد. به‌این‌ترتیب، حسگر شامل یک تیغهٔ عمودی مجهز به نفوذسنج‌های مخروطی افقی واقع در دو عمق مختلف روی تیغه و لودسل‌هایی واقع در پشت هر نفوذسنج به منظور اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی افقی حس‌شده توسط مخروط‌ها در نظر گرفته شد. به‌گونه‌ای‌که، با نصب حسگر به پشت خیش گاوآهن برگردان‌دار امکان اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک در دو عمق زیر عمق شخم گاوآهن به طور پیوسته و همزمان با انجام عملیات شخم وجود داشته‌باشد. مجموعه حسگر شامل یک تیغهٔ عمودی، دو نفوذسنج مخروطی، دو لودسل الکتریکی و یک سیستم داده‌برداری است.

تیغهٔ عمودی فولادی با انتهای اریب به منظور ایجاد نفوذ بهتر تیغه در خاک و ارتفاع کلی ۳۵/۵ سانتی‌متر برای اتصال به خیش در نظر گرفته شد. پهنای تیغه ۱۵ و ضخامت آن ۳ سانتی‌متر بود و لبهٔ جلویی آن با زاویهٔ ۳۰ درجه تیز شد. نفوذسنج‌های مخروطی هر یک شامل یک نوک مخروطی استاندارد [۵] با زاویهٔ رأس ۳۰ درجه و سطح مقطع ۱۳۰ میلی‌متر مربع و یک میله نفوذ افقی یکپارچه و هم‌قطر مقطع مخروط بودند. با در نظر گرفتن عمق شخم ۲۰ سانتی‌متر، محل قرارگرفتن نفوذسنج‌ها روی تیغه به‌گونه‌ای مشخص شد که یکی از میله‌های نفوذ در لایهٔ ۲۵–۲۰ و دیگری در لایهٔ ۳۰–۲۵ سانتی‌متری از سطح خاک واقع شود (محل احتمالی تشکیل سخت‌لایهٔ شخم). بنابراین، با انتخاب فاصله ۵/۵ سانتی‌متر بین میله‌های نفوذ، اندازه‌گیری‌ها در دو

[1] - Hall
[2] - Raper
[3] - Chung

عمق ۲۲/۵ و ۲۸ انتی‌متر انجام خواهد شد. با استناد به تحقیق چانگ و همکاران [۶]، طول قسمتی از میله که در خاک عمل می‌کند ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته‌شد.

به منظور انتخاب لودسل، با استناد به تحقیقات قبلی، تغییرات فشار ناشی از مقاومت خاک به صورت خطی به میزان ۱ مگاپاسکال در سطح خاک و ۳ مگاپاسکال در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک در نظر گرفته‌شد [۲] و پس از محاسبهٔ نیروی بیشینهٔ وارد بر نفوذسنج پایینی، و با توجه به انواع موجود، در این تحقیق لودسل‌های S شکل[1] با ظرفیت ۱۰کیلونیوتن (۱ تن) استفاده شدند. به منظور ثابت نگه‌داشتن و حفاظت از لودسل‌ها ، پشت‌بندهایی در پشت آن‌ها قرار گرفت.

همچنین، به منظور جمع‌آوری و ثبت داده‌های خروجی لودسل‌ها و انتقال آن‌ها به کامپیوتر از یک دستگاه دیتالاگر[2] استفاده شد.

پیوسته‌سازی حسگر

پس از طراحی و ساخت حسگر، به منظور ایجاد امکان اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک در زیر عمق شخم و همزمان با عمل شخم یا به‌عارتی اندازه‌گیری پیوسته، حسگر از طریق یک مکانیزم اتصال به‌گونه‌ای به خیش متصل شد که حسگر ضمن این‌که در پشت و وسط عرض کار خیش گاوآهن برگردان‌دار قرار دارد، ازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک در زیر عمق شخم و در دو لایهٔ ۵ سانتی‌متری خاک انجام شود. به منظور جلوگیری از آسیب‌رسیدن به حسگر در حین حرکت در خاک و برخورد احتمالی با سنگ، فلز یا قطعه دیگری در طول مسیر و جلوگیری از بیش‌باری لودسل‌ها، از یک مکانیزم ایمنی پیچ برشی استفاده شد. با مجزا نمودن مکانیزم ایمنی حسگر از خیش، امکان جلوگیری از آسیب رسیدن به حسگر در صورت برخورد با قطعه‌ای در زیر عمق کار خیش، فراهم می‌شود در حالی‌که خیش همچنان به کار خود ادامه می‌دهد. با در نظر گرفتن این‌که فشار ناشی از مقاومت خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک به صورت خطی از یک مگاپاسکال در سطح تا ۳ مگاپاسکال در عمق تغییر می‌کند [۲] و محاسبهٔ مقدار نیروی وارد به پیچ برشی، این پیچ[3] با درجهٔ استحکام ۸/۸ انتخاب شد. طبق جداول استاندارد پیچ‌ها، تنش تسلیم این پیچ برابر ۸۳۰ مگاپاسکال است [۹] که بر این اساس قطر موردنیاز پیچ برشی معادل ۷ میلی‌متر محاسبه شد و با توجه به پیچ‌های استاندارد موجود در بازار از پیچ برشی با قطر ۸ میلی‌متر ستفاده شد. پیچ محوری نیز با قطر ۱۶ میلی‌متر انتخاب گردید. شکل ۱ تصاویری از حسگر پیوسته ساخته‌شده را نشان می‌دهد.

شکل ۱ – حسگر اندازه‌گیر پیوسته مقاومت مکانیکی خاک در زیر عمق شخم گاوآهن از دو نما

آزمون حسگر

[1] - S-Beam Load Cell (BONGSHIN-DBBP)
[2] - Data Logger (CAMPBELL- CR23X)
[3] - SAE5 Type

به منظور تست اولیه و اطمینان از کارکرد صحیح حسگر یک سری آزمون در آزمایشگاه سویل بین[1] موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی اجرا شد. خاک مورد استفاده از نوع لومی- رسی بود و به منظور کاهش اثر رطوبت بر تغییرات مقاومت مکانیکی خاک، در همهٔ آزمون‌ها رطوبت خاک ثابت و معادل زمان شخم بود. خاک به صورت ناهمگن و به گونه‌ای تهیه شد که لایه ۳۰-۲۰ سانتی‌متری یا محل عمل حسگر از فشردگی نسبی بیشتری نسبت به لایه شخم برخوردار باشد.

طول مسیر حرکت ۷ متر در نظر گرفته شد که به دلیل تغییر سرعت احتمالی برای شروع یا پایان حرکت تراکتور و واحد آماده‌کننده خاک در ابتدا و انتهای مسیر و به منظور جلوگیری از ایجاد خطا در اندازه‌گیری‌ها، داده‌های مربوط به متر اول و آخر حرکت در نظر گرفته‌نشد.

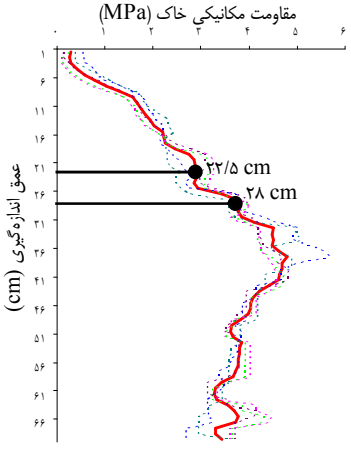
بر این اساس، حسگر از طریق تسمه‌های عمودی به قاب‌افزار[2] متصل به تراکتور (MF399) وصل و با سرعت یکنواخت در خاک کشیده شد. موقعیت عمودی حسگر به‌گونه‌ای تنظیم شد که حسگر در عمق مورد نظر (لایه ۳۰-۲۰ سانتی‌متری) واقع شود. به این ترتیب، یکی از لودسل‌های حسگر (لودسل ۱) در لایه ۵-۰ نتی‌متر زیر عمق شخم (۲۵-۲۰ سانتی‌متر از سطح خاک) و دیگری (لودسل ۲) در لایه ۱۰-۵ نتی‌متری زیر عمق شخم (۳۰-۲۵ نتی‌متر از سطح خاک) واقع بود و اندازه‌گیری مقاومت توسط حسگر با توجه به فواصل مخروط‌ها در دو عمق ۲۲/۵ و ۲۸ سانتی‌متر انجام شد. این آزمون در سه تکرار انجام شد.

اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک با استفاده از پنترولاگر عمودی[3] نیز برای مقایسه با داده‌های اندازه‌گیری‌شده با حسگر به تنهایی، در هر متر حرکت با سه تکرار انجام شد.

پس از حصول اطمینان از کارکرد حسگر و پیوسته‌سازی آن، به منظور بررسی امکان تشخیص سخت‌لایه شخم، یکسری آزمایش نیز با حسگر متصل به خیش در حین انجام عملیات شخم با شرایط مشابه خاک و موقعیت عمودی حسگر با حالت تست اولیه (اندازه‌گیری با حسگر به تنهایی) در سویل‌بین با سه تکرار اجرا شد.

نتایج و بحث

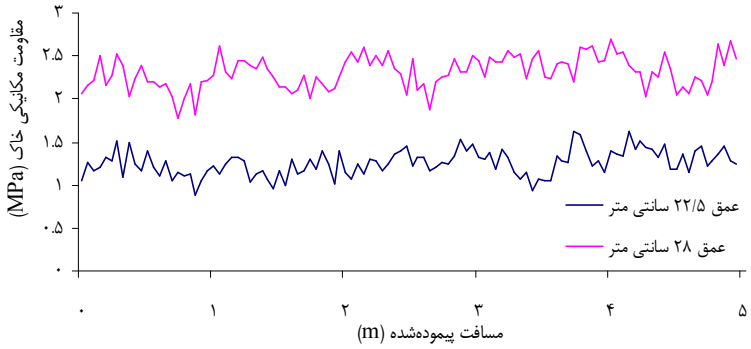
شکل ۲ میانگین مقاومت مکانیکی اندازه‌گیری‌شده با پنترولاگر را در عمق‌های مختلف نشان می‌دهد. مطابق شکل، مقاومت مکانیکی اندازه‌گیری‌شده با پنترولاگر در عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر بیش از عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر است.



شکل۲ – میانگین مقاومت مکانیکی اندازه‌گیری‌شده در عمق‌های مختلف با پنترولاگر

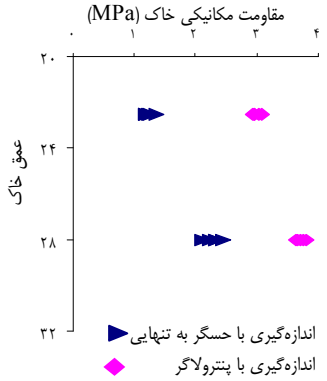
[1] - Soil Bin
1 – Implement Frame
[2] – Eijkelkamp Model

شکل ۳ میانگین مقاومت مکانیکی اندازه‌گیری‌شده با حسگر افقی ساخته‌شده به تنهایی را در دو عمق ۲۲/۵ و ۲۸ سانتی‌متر در طول حرکت به طور پیوسته نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، حسگر در هر دو عمق قادر به اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک به طور پیوسته است و فشردگی نسبی بیشتری را در لایهٔ عمیق‌تر نشان می‌دهد.



شکل۳ – میانگین مقاومت مکانیکی اندازه‌گیری‌شده با حسگر ساخته‌شده به تنهایی در دو عمق ۲۲/۵ و ۲۸ سانتی‌متر

شکل ۴ پراکندگی میانگین‌های مقاومت‌های مکانیکی اندازه‌گیری‌شده در هر متر حرکت با حسگر به تنهایی و پنترولاگر را نسبت به این دو عمق نشان می‌دهد.

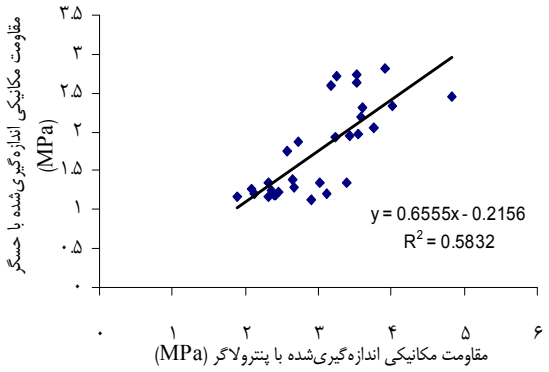


شکل٤ – پراکندگی میانگین‌های مقاومت‌های مکانیکی اندازه‌گیری‌شده در هر متر حرکت با حسگر به تنهایی و پنترولاگر در دو عمق ۲۲/۵ و ۲۸ سانتی‌متر

با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ مقاومت مکانیکی اندازه‌گیری‌شده با حسگر به تنهایی روند مشابهی با مقادیر اندازه‌گیری‌شده با پنترولاگر نشان می‌دهد ولی مقادیر مقاومت مکانیکی اندازه‌گیری‌شده با حسگر کمتر از مقادیر اندازه‌گیری‌شده با پنترولاگر است که

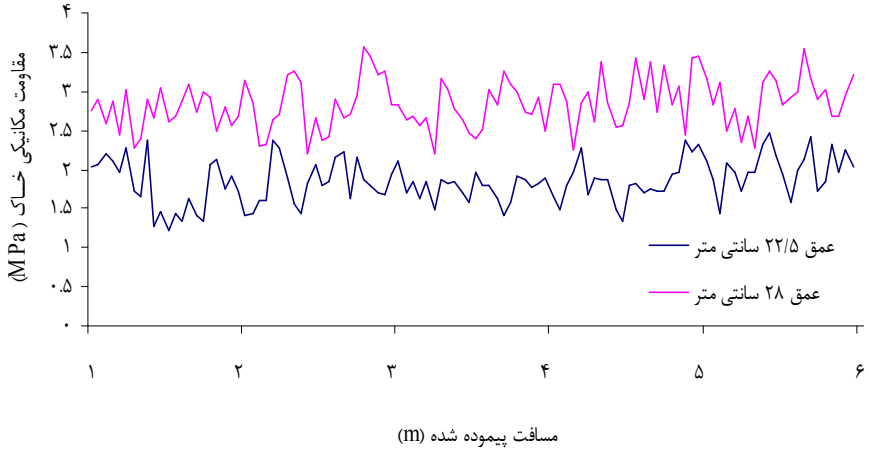
با نتایج تحقیقات علی‌همسیاه و همکاران [۴]، هال و ریپر[۷]، و شریفی [۱۰] همخوانی دارد. دلیل آن، تفاوت الگوی گسیختگی ایجادشده توسط پنترولاگر عمودی و حسگر افقی ساخته‌شده است.

شکل ۵ نیز رابطهٔ خطی مثبت بین داده‌های حاصل از اندازه‌گیری با حسگر ساخته‌شده به تنهایی و پنترولاگر عمودی را نشان می‌دهد که ضریب همبستگی بین این دو سری داده ضعیف است و با نتایج خلیلیان و همکاران [۸]، و چانگ و همکاران [۶] همخوانی دارد.



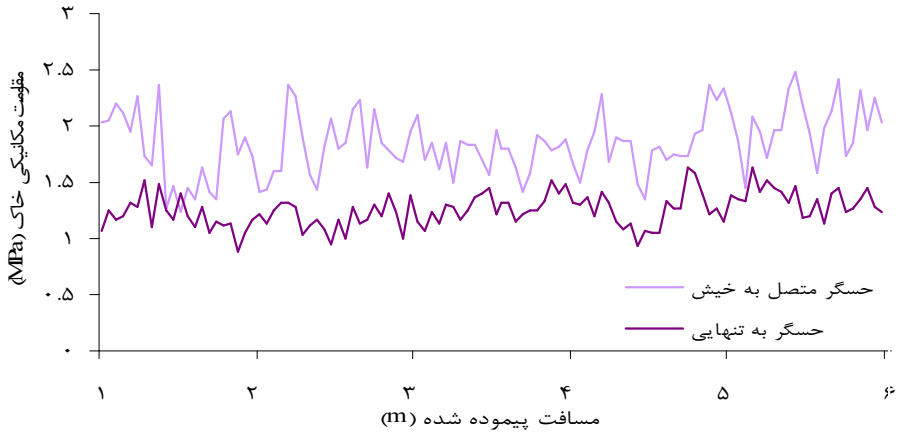
شکل۵ – همبستگی بین داده‌های اندازه‌گیری‌شده با حسگر و داده‌های حاصل از اندازه‌گیری با پنترولاگر

شکل ۶ میانگین مقاومت مکانیکی اندازه‌گیری‌شده با حسگر متصل به خیش را در عمق ۲۲/۵ و ۲۸ سانتی‌متر نشان می‌دهد. مطابق شکل مقاومت مکانیکی خاک اندازه‌گیری‌شده با حسگر متصل به خیش در عمق ۲۸ نتی‌متر بیش از مقدار آن در عمق ۲۲/۵ نتی‌متر است که با نتایج حاصل از اندازه‌گیری با حسگر به تنهایی و پنترولاگر مشابهت دارد. مقایسهٔ شکل ۵ و ۶ نشان می‌دهد که مقاومت اندازه‌گیری‌شده با حسگر متصل به خیش در هر دو عمق بیش از مقدار مقاومت اندازه‌گیری‌شده با حسگر به تنهایی است که حاکی از تاثیر تیغهٔ خیش گاوآهن بر فشردگی خاک و ایجاد سخت‌لایهٔ شخم است.

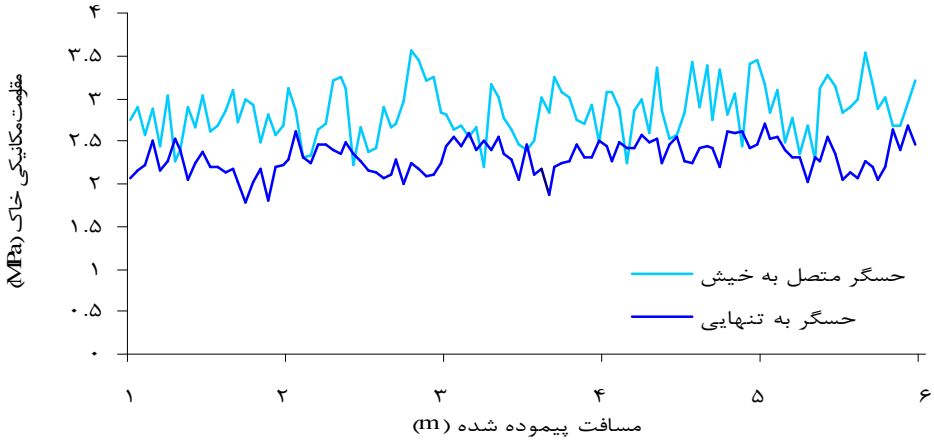


شکل٦– میانگین مقاومت مکانیکی اندازه‌گیری‌شده با حسگر متصل به خیش در دو عمق ۲۲/۵ و ۲۸ سانتی‌متر

شکل ۷ میانگین مقاومت مکانیکی ندازه‌گیری‌شده با حسگر متصل به خیش و حسگر به تنهایی را در عمق ۲۲/۵ نتی‌متر و شکل ۸ میانگین مقاومت مکانیکی ندازه‌گیری‌شده به این دو روش را در عمق ۲۸ سانتی‌متر نشان می‌دهد. از مقایسه این دو شکل با شکل‌های ۵ و ۶ می‌توان نتیجه گرفت که در اثر حرکت تیغهٔ گاوآهن فشردگی ایجادشده در لایهٔ بالایی بیش از لایهٔ پایینی است و سخت‌لایه شخم در این محدوده تشکیل می‌شود.



شکل۷– میانگین مقاومت مکانیکی اندازه‌گیری‌شده با حسگر متصل به خیش و حسگر به تنهایی در عمق ۲۲/۵ سانتی‌متر



شکل۸– میانگین مقاومت مکانیکی اندازه‌گیری‌شده با حسگر متصل به خیش و حسگر به تنهایی در عمق ۲۸ سانتی‌متر

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، یک حسگر اندازه‌گیر پیوسته مقاومت مکانیکی خاک در زیر عمق شخم گاوآهن برگردان‌دار طراحی و ساخته‌شد. نتایج کالیبراسیون حسگر نشان داد که داده‌های اندازه‌گیری‌شده با حسگر همبستگی مثبت با داده‌های اندازه‌گیری‌شده با

پنترولاگر دارند. بنابراین، می‌توان ادعا نمود که حسگر ساخته‌شده مناسب برای اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی افقی خاک در دو عمق است. نتایج آزمون‌های حسگر به منظور بررسی امکان تشخیص سخت‌لایه شخم نیز نشان داد که مقاومت مکانیکی خاک در هر دو عمق زیر لایهٔ شخم، در اثر حرکت تیغهٔ گاوآهن بیشتر از زمانی است که حسگر به تنهایی در عمق موردنظر عمل می‌کند. ضمن اینکه در لایهٔ ۵-۰ نتی‌متر زیر عمق شخم در اثر حرکت تیغه مقاومت مکانیکی خاک بیشتر و لایهٔ سخت شخم در این محل ایجاد می‌گردد. بنابراین، به جای بکارگیری حسگر پس از عملیات شخم، با استفاده از حسگر پیوسته متصل به خیش ضمن حصول نتایج مشابه و دقیق، در مصرف انرژی و زمان صرفه‌جویی خواهد شد. از سوی دیگر ترکیب این دو عمل از بکارگیری بیشتر ادوات و ایجاد فشردگی بیشتر در خاک جلوگیری می‌کند. همچنین، با استفاده از این حسگر پیوسته به راحتی و همزمان با عملیات خاک‌ورزی تشخیص محل تشکیل سخت‌لایهٔ شخم و امکان برنامه‌ریزی به منظور مدیریت صحیح مزرعه و بکارگیری ادوات دیگر (مثلاً زیرشکن) میسر است.

فهرست منابع

۱- معمار دستجردی، ر.، مینایی، س. و مستوفی سرکاری، م. ر. ۱۳۸۳. تاثیر عمق و سرعت پیشروی بر شاخص مقاومت مکانیکی خاک به صورت افقی. سومین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. ۱۲-۱۰ شهریورماه. دانشگاه شهید باهنر. کرمان. ایران.

2- Adamchuk, V. I., Morgan, M. T. and Sumali, H. 2001. Application of a strain gauge array to estimate soil mechanical impedance on-the-go. Trans. ASAE. 44(6): 1377-1383.

3- Adamchuk, V. I., Skotnikov, A. V., Speichinger, J. D. and Kocher, M. F. 2004. Development of an instrumented deep-tillage implement for sensing of soil mechanical resistance. Trans. ASAE. 47(6): 1913-1919.

4- Alihamsiyah, T., Humphries, E.G., Bowers, C. G. and Jr. 1990. A technique for horizontal measurement of soil mechanical impedance. Trans. ASAE. 33(1): 73-77.

5- ASAE. 2003. Soil cone penetrometer. ASAE Standards S313. St Joseph,MI.

6- Chung, S. O., Sudduth, K. A. and Hummel, J.W. 2006. Design and validation an on-the-go soil strength profile sensor. Trans. ASAE. 49(1): 5-14.

7- Hall, H. E. and Raper, R. L. 2005. Development and concept evaluation of an on-the-go soil strength measurement system. Trans. ASAE. 48(2): 469-477.

8- Khalilian, A., Han, Y., Dodd, R., Sullivan, M. and Gorucu, S. 2002. Technology for variable depth tillage in coastal plain soils. Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences. National Cotton Council. Memphis TN. (in press).

9- Krutz, G., Thompson, L. and Claar, P. 1984. Design of agricultural machinery. John Wiley & Sons. Inc.

10- Sharifi, A. 2004. Development of a soil compaction profile sensor. Ph.D Thesis. Cranfield University. Silsoe. Bedfordshire. UK.

11- Verschoore, R., Pieters, J. G., Seps, T., Spriet, Y. and Vangeyet, J. 2003. Development of a sensor for continuous soil resistance measurement. European Conference on Precision Agriculture. June 15-19. Berlin. Germany. 689-696.

Detection of Plow Pan Layer Using on-the-go Sensor of Soil Mechanical Resistance Attached to Moldboard Plow

Bahareh Jamshidi[1], Arzhang Javadi[2], Ahmad Sharifi[3]

Abstract

Using sensors in precision farming is recently considered by most of the researchers to measure and improve soil physical properties. Soil mechanical resistance is one of the important factors affecting soil compaction, root growth and crop yield. Hence, researcher's interest increased to investigate the detection of the compacted soil zones. Soil cone penetrometer is being used to measure soil strength as a common method. However, it is time-consuming, labor-intensive and not practical method to determine soil compaction in a large-scale field. Therefore, there is a need for continuous and on-the-go method to identify the compacted zones. In this research an on-the-go sensor was developed to measure soil mechanical resistance under tillage depth of moldboard plow during operation for saving time and energy. Experimental studies were conducted to compare the data of the sensor before attaching to the plow bottom and data of vertical penetrometer in the soil bin. Non uniform soil with constant moisture content was prepared more compacted in a 10 cm depth where the sensor operated. The results indicated some similarities between the penetrometer and the new developed sensor. To study the possibility of the detection of plow pan with the sensor, some similar tests were conducted in two measurement methods (measurement with only sensor, sensor measurement with sensor attached to the plow bottom), and at two depths of 22.5 cm and 28 cm. Results indicated that soil mechanical resistances measured by attached sensor to plow bottom were more than sensor alone. Moreover, plow pan is made in 20-25 cm of soil layer. Therefore, the on-the-go developed sensor can detect plow pan during operation. It can also reduce the traffic on the field when it attached to tillage equipment.

Key words: Sensor, Soil Mechanical Resistance, Continuous Measurement, Plow Pan, Moldboard Plow

[1]- Academic Member, Agricultural Engineering Research Institute, e-mail: jamshidi.bahareh@gmail.com
[2]- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, e-mail: email2arzhang@yahoo.com
[3]- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, e-mail: ahmadsharifi47@yahoo.com