طراحی، ساخت و ارزیابی یک کودپاش مایع نرخ متغیر با استفاده از روش مدیریت موضعی در کشاورزی دقیق (۴۲۵)

بهزاد بهزادی مکوندی و ارژنگ جوادی[۱]

چکیده

مسائل اقتصادی و زیست محیطی در کنار مسائل فنی، تولیدکنندگان محصولات کشاورزی را وادار کرده است روش‌های جدید را در مدیریت تولید محصولات کشاورزی بکار گیرند. در روش‌های متداول تولید محصولات کود شیمیایی به طور یکنواخت در سطح مزرعه توزیع می‌گردد. این در حالی است که حاصلخیزی خاک در سطح مزرعه یکنواخت نیست و در بعضی نقاط موادغذایی خاک ممکن است بیش از نیاز گیاه باشد و در جاهای دیگر شاید کمبود عناصر موردنیاز گیاه در حدی باشد که حتی بعد از کوددهی نیز این کمبود اصلاح نشود. در این تحقیق ابتدا داده های مکانی مربوط به میزان نیتروژن خاک به صورت نقشه درآورده شد. در نقشه مورد نظر تنها مکان هایی که از لحاظ میزان ازت مورد نیاز گیاه فقیر بوده مورد پاشش قرار خواهند گرفت و در مکان های دارای میزان مناسب ازت نازل های کودپاش غیر فعال بوده و هیچگونه پاششی ندارند. نرخ پاشش در مکان هایی که از لحاظ میزان ازت فقیرند متغیر خواهد بود. براین اساس وبا بکار گیری انکودر شافت، مدار الکترونیکی و یک شیر نرخ متغیر، کودپاشی صورت گرفت. مزرعه مورد نظر به ۱۲ کرت به اندازه ۵×۲ متر مربع تقسیم بندی شد که ۶ کرت برای اعمال ویژه مکانی و ۶ کرت برای اعمال یکنواخت کود در نظر گرفته شد.هر کدام از کرت های مورد نظر نیز به صورت مربع های ۲×۲ متر مربع شبکه بندی شد. دستگاه مورد نظر به دو صورت آزمایشگاهی (روی زمین آسفالت) و مزرعه ای ارزیابی شد. اندازه کرت ها در تست آزمایشگاهی و مزرعه ای یکسان است.داده های بدست آمده کاهش ۵۸/۳۶ درصدی را در مصرف کود نسبت به روش متداول (توزیع یکنواخت) نشان می دهد. همچنین میزان خطای پاشش در تست آزمایشگاهی ۱/۳۲ درصد و در تست مزرعه ای ۱/۵۸ درصد بود. داده های بدست آمده خطی بودن رابطه میان درصد باز بودن دریچه خروجی شیر نرخ متغیر با دبی خروجی از آن را به احتمال ۰/۸۷ نشان می دهد. از آنجایی که در کشور ما کودپاشی بدون در نظر گرفتن تغییرات در مزرعه صورت می گیرد. این روش راهکاری جدید است که میتوان تحول بنیادینی در کاهش مصرف کود ایجاد نماید.

کلیدواژه: سیستم اطلاعات جغرافیای، فناوری نرخ‌متغیر، سیستم مکان‌یابی جهانی، توزیع یکنواخت کود، توزیع دقیق کود

۱- به ترتیب، کارشناس ارشد موسسه آموزش عالی علمی- کاربردی و دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی وزارت جهاد کشاورزی

مقدمه:

فلسفه کشاورزی دقیق این است که نهاده‌های کشاورزی نظیر سم و کود و غیره متناسب با نیاز هر بخش از کشتزار بـه کـار بـرده شود. در این نوع کشاورزی امکان محاسبه و برآورد اختلافات بین کوچک‌ترین سطوح ممکـن عملـی شـده و سـپس ورودی‌هـای مختلف به تناسب اختلافات اعمال می‌شود. فن آوری نرخ متغیر(VRT) یک راهکار مدیریتی برای پرداختن به تغییر پذیری مکانی درون کشتزار میباشد. به بیان دیگر VRT عبارت از تخصیص بهینه نهاده های تولید است . در روش متداول استفاده از کودها ، مزرعه و محصول آن یکنواخت در نظر گرفته می شود و برای استفاده از کودها برای حاصلخیزی خاک بـا توجـه بـه متوسـط نیـاز مزرعه و با یک درصد اضافی به عنوان ضریب اطمینان، آهنگ کودپاشی (مقدار کود در هکتار) تعیین می گردد و بطـور یکنواخـت در مزرعه توزیع می شود.(۳)

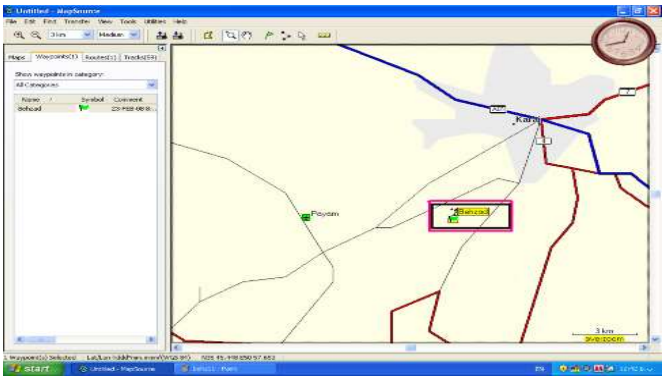
پخش غیر اصولی کودهای شیمیایی در سطح مزرعه اثرات مخرب دارد و نگرانی‌های اجتمـاعی و زیـست محیطـی و اقتـصادی را افزایش می‌دهد. بسیاری از کودهای شیمیایی بدون آنکه جذب گیاه شوند و رد آب‌هـای سـطحی و زیرزمینـی مـی‌گردنـد و سـبب مسمومیت و آلودگی محیط زیست می‌شوند (۶).

نیترات هایی که از درون خاک شسته می شوند عمدتا به آب های زیرزمینی منتهی مـی گـردد. همـان منـابعی کـه آب آشـامیدنی متجاوز از ۸۰٪ شهروندان را تامین می کند. سطوح بالای نیتروژن در دریاچه ها ، حیات بسیاری از آبزیان را به خطـر مـی انـدازد. محدود کردن کوددهی به نقاطی از مزرعه که دارای کمبود مواد آلی هستند می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای باعث صرفه‌جـویی در میزان مصرف کود شود. برای یک ذرت کار نمونه، کود شیمیایی یک چهارم هزینه نقدی را تشکیل مـی‌دهـد. عابـدی و همکـاران (۱۳۸۰) آلودگی آب های زیر زمینی مناطقی از اطراف شاهین شهر را مورد مطالعه قرار دند. نتایج آنها نشانداد کـه میـزان نیتـرات آبهای زیرزمینی در ۹۰ درصد چاههای نمونه برداری شده بیش از مقدار استاندارد (۱۰ میلی گرم در لیتـر) مـی باشـد. ایـن روش رهیافتی در جهت بهینه کردن مقدار مصرف کودشیمیایی و نتیجه آن کاهش هزینه کشاورز و اضافه بر آن موجب افزایش محصول در واحد سطح، حفظ ساختمان خاک و افزایش حاصلخیزی آن می‌باشد(۱). Welsh و همکاران(۲۰۰۲) از روش اعمـال نیتـروژن به میزان متغیر در مزرعه جو زمستانه وگندم استفاده کردند که میزان عملکرد بترتیب ۰/۳۶ و ۰/۴۶ تن در هکتار نسبت به اعمال یکنواخت کود بیشتر شد(۱۲). قزوینی وهمکاران(۱۳۸۶) تغییرات مکانی فاکتورهای حاصلخیزی خاک (K.P.N) وعملکرد دانـه گندم رابا استفاده از واریوگرام ، GPS و GIS بررسی ونقشه های دیجیتالی را در بلوکهای ۵*۵ جهت استفاده در ماشینهای نـرخ متغیر تهیه کردند. این نقشه ها نشان میدهد که در روش سراسر پاشی اوره ،برای تولید ماکریمم عملکـرد تنهـا ۱۳٪سـطح مزرعـه مقدارکود مناسب دریافت میکند وبقیه مزرعه ازت کمتر یا بیشتر از نیـاز دریافـت میکنـد. درحـالی کـه در روش VRT حـداقل۵۲ کیلوگرم در هکتار در مصرف اوره صرفه جویی کردند. همچنین در روش سراسر پاشی فسفر و پتاس بترتیـب فقـط ۲۵٪ و ۱۱٪ از سطح مزرعه کود کافی دریافت می کند و بقیه سطح مزرعه کمتر یا بیشتر از نیاز کـود دریافـت مـی کنـد(۲). Paz و همکـاران (۱۹۹۹) نشان دادند که سطح نیتروژن می‌تواند کاهش داده شود در حالی که تولید محصول بیشتری نـسبت بـه اعمـال یکنواخـت داشته باشیم .آن ها در ایالت آیوا از این روش در مزرعه ذرت استفاده کردند که میانگین نرخ اعمال کود نسبت به روش اعمال کود یکنواخت ۱۱kg/ha کاهش داشت و عملکرد محصول ۹۷kg/ha افزایش داشت و ۱۵/۶۶ دلار در هر هکتار نیـز افـزایش سـود نسبت به روش اعمال کود یکنواخت به دنبال داشته است. در این تحقیق با استفاده از مدل رشد ذرت تغییر عملکرد ذرت را توصیف کرده و اعمال نیتروژن متغیر برای یک مزرعه در آیوا را ارزیـابی کردنـد. پـس از جمـع آوری اطلاعـات ۲۱۰ نـرخ نیتـروژن(۲۸۰-۵۰Kg/ha) انجام گرفت(۹). Ulson و همکاران (۲۰۰۲) یک سیستم هوشمند اعمـال کـود بـا دو شـبکه عـصبی سـاختند کـه خروجی شبکه عصبی اول نرخ اعمال را متناسب بامختصات GPS و خروجی شبکه عصبی دوم نرخ جریـان را تخمـین زنـد. نـرخ جریان کود از طریق یک سوپاپ کره ای با عملگر الکتریکی کنترل می شد . سوپاپ کره ای با موتور الکتریکـی بـرای بـاز شـدن کامل (از ۱۰ درجه تا ۹۰ درجه) به زمان ۰/۴ تا ۱ ثانیه نیازمند است که این مورد در کـاهش بـار سیـستم هیـدرولیکی مـؤثر بـود همچنین بعد مهم این پژهش پاسخ سریع سیستم می باشد(۱۱).

هدف پروژه طراحی و ساخت کودپاش نرخ متغیر با استفاده از GPS،GIS وفن آوری نرخ متغیر(VRT) است به گونه ای که با استفاده از این ماشین می توان عملکرد نقاطی را که به مقدار کود مناسب وابسته هستند را به حداکثر رساند.

واد و روش ها:

مزرعه مورد برسی ۰/۷ هکتار بود که در کرج کیلو تر ۵ جاده ماهدشت مرکز آموزش عالی امام خمینی وزارت جهاد کشاورزی قـ ار دارد (شکل ۱).



شکل ۱: مکان جغرافیایی اجرای طرح

اولین قدم جهت اجرای کودهی با اهنگ متغیر ، تهیه نقشه نشانگر تغییرات نیتروژن خاک می باشد به همین منظـور خـاک را بـه شبکه های ۲×۲ جهت نمونه گیری تقسیم می کنیم. در مورد تهیه نقشه حاصلخیزی خاک روش متداول نمونه برداری شـبکه ای از خاک سطح مزرعه می باشد ولی به علت هزینه دار بودن این روش از داده های فرضی میزان نیتروژن استفاده می گـردد. بـرای نیل به این هدف موقعیت مکانی ۴ گوشه مزرعه توسط GPS گرفته شد. GPS مورد استفاده در این تحقیق از نـوع GPS map 60CSX بود. از طرفی با توجه به اینکه در GPS خطای موقیت وجود دارد، موقیت ۴ گوشه ابتدا توسط دوربین نیوو ، اندازه گیری، مشخص و تثبیت گردید(شکل ۲) و سپس با استفاده از GPS ، موقعیت جغرافیایی این ۴ نقطه تعیین گردید.(شـکل ۳).

برخی از ویژگی های دستگاه GPS map 60CSX عبارتند از:

۱. قابلیت ذخیره ۱۰۰۰ نقطه[1] با اسم
۲. قابلیت ثبت ۱۰ مسیر که هر یک حاوی ۲۵۰ نقطه می باشند.
۳. قابلیت تعیین مسیر با ذخیره۲۵۰ مسیر[2] که هر یک حاوی ۵۰ نقطه می باشد.
۴. ذخیره ۲۴ مگا بایت اطلاعات مربوط به جزئیات نقشه ها که امکان انتقال از طریق نقشه مرجع بروی CD Rom را فراهم می سازد.

انتخاب دکمه (mark) در روی دستگاه یک نقطه ثبت می گردد. میزان ماهواره های مورد نیاز جهت ثبـت ۳ عـدد مـی باشـد. حداقل ماهواره قابل دسترس باید ۶ عدد باشد. پس از آن می توان جمع آوری داده را آغاز کرد. هنگام داده بـرداری روی زمـین ۱۲ عدد ماهواره در دسترس بودند که این مورد وضوح و دقت داده برداری را بالاتر برد.

[1] -way point
[2] Routes -

شکل ۲: موقعیت یابی گوشه های مزرعه توسط دوربین نیوو

شکل ۳: موقعیت یابی نقاط مزرعه با استفاده از GPS

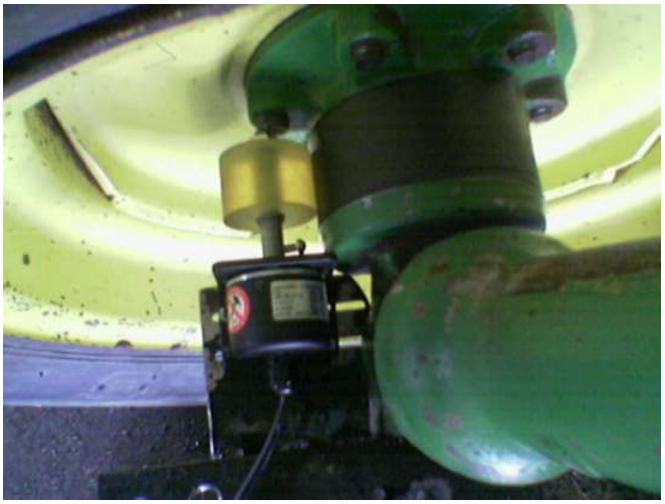
پس از جمع آوری داده GPS را از طریق یک کابل رابط به پورت Com1 کامپیوتر وصل کرده و داده ها از طریق نرم افزار map source به کامپیوتر ارسال می گردد . برای پردازش نقشه داده هارا به نرم افزار Arc view GIS می بریم با استفاده از این نرم افزار می توان کمیت های مربوط به نمونه برداری را در یک جا جمع آوری و از آنها در کاربرد های مختلف بهره برداری نمود. در این نرم افزار داده های فرضی میزان نیتروژن خاک در شبکه های ۲×۲ و به توجه به موقعیت جغرافیایی آنها در مزرعه قرار داده شد.

داده های مربوط به میزان نیتروژن خاک و داده های مکانی مربوط به آنها نقشه ازت خاک را فراهم کرد.با توجه به اینکه میزان نیتروژن مورد نیاز جهت رشد خوب گیاه در منطقه مورد نظر ۵۰۰–۳۵۰ کیلوگرم در هکتار می باشد. میزان نیتروژن اعمالی را با توجه به مقدار فعلی نیتروژن خاک و گیاه مقدار مورد نظر برای رشد خوب در نرم افزار Arc view GIS تنظیم کردیم. نقشه مورد نظر جهت مدیریت اعمال کود پردازش شد. داده های موقیت جغرافیایی به صورت متریک در آورده شد و زمین در نقشه به شبکه های ۲×۲ تقسیم گردید به گونه ای که اعمال کود را به صورت متر به متر مدیریت کنیم. نقشه خاک تهیه شده را پس ازپردازش لازم به صورت دیجیتال در آورده و از طریق پورت خروجی کامپیوتر به میکروکنترلر داده می شود ، حال متناسب با نقشه ،اعمال کود صورت می گیرد.

طراحی و ساخت مدار الکترونیکی و نصب آن بروی کود پاش مایع:

برای کوپل کردن نقشه امکان ماشین در مزرعه به منظور توزیع کود در نقطه مورد نظر از یک انکودر شافت استفاده شد.(امتیاز استفاده از این دستگاه دیجیتالی بودن خروجی آن است که نیازی به مبدل آنالوگ به دیجیتال نمی باشد.) .خصوصیت این دستگاه نصب سریع ، قابلیت کالیبره آسان و خروجی استاندارد است. انکودر شافت مورد استفاده قابلیت نصب روی تراکتورها با قطر چرخ های متفاوت را دارا می باشد . مدل انکودر مورد استفاده AutonicsE50SB بود. که قطر شافت آن ۶ mm بودو با برق ۲۴ ولت DC و ۲۰ mA کار می کرد. به ازای هر دور شافت انکودر ۶۰۰ پالس از آن خارج می شد. انکودر شافت را توسط یک نبشی ۴*۴ ویک رابط مربعی شکل به ابعاد ۱۰*۱۰ سانتیمتر بر روی قسمت داخلی شافت چرخ جلوی سمت راست تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ به قطر ۱۲/۴ میلیمتر قرار می دهیم. برای اتصال شافت انکودر بر روی قسمت داخلی شافت از یک قطعه

استوانه ای لاستیکی به قطر ۵۰ سانتیمتر استفاده می کنیم. علت نصب انکودر بر روی قسمت داخلی شافت این است که انکودر همراه با چرخش جانبی تایر بچرخد تا در چرخش به طرفین تراکتور در انتهای زمین آسیبی به آن وارد نگـردد. همچنـین بـرای اینکه بکسوات چرخ تاثیری روی داده ها نگذارد انکودر را روی چرخ جلو نصب می کنیم(شکل ۴).



شکل ۴: قرار گیری انکودر بر روی شافت جلو

مقدار پالس صادره از انکودر به ازای ۲ متر جابجایی چرخ جلوی تراکتور برای ما با اهمیت دارد که این مقدار بـا کـالیبره کـردن انکودر در مزرعه به دست آمد. یک مسیر ۲۰ متری برروی زمین مشخص و میزان پالس صادره از آ ن را یادداشت کردیم . ایـن آزمایش ۱۲ مرتبه و با سرعت ۵ km/hr انجام داده شد. میانگین داده ها ۱۱۱۵ با انحراف معیار ۶ بدست آمد. ایـن عملیـات ۲ روز قبل از تست مزرعه ای دستگاه صورت گرفت. مقدار پالس صادره در حقیقت مکان ماشین در مزرعه را متر به متـر گـزارش کرده که باید به ورودی مدار الکترونیکی طراحی شده فرستاده شود تا با نقشه اعمال کود ذخیره شـده در میکـرو کنترلـر کوپـل گردد. مدار الکترونیکی با استفاده از میکرو کنترلر AVR طراحی و با زبان برنامه نویسی C نوشته شد. در مدار طراحی شده از یک شمارش گر جهت شمارش پالس های ایجاد شده توسط شافت انکودر استفاده می شود. پس از شمارش پالس ها داده هـای مربوط به مکان ماشین در مزرعه و میزان ازت مورد نیاز با همدیگر کوپـل شـده و خروجـی آن شـیر مغناطیـسی نـرخ متغیـر را تحریک می کند. داده های فرضی مورد نیاز به صورت ماتریس ۶*۱۰۰ توسط یکی از توابع نرم افزار مطلب اسـتخراج شـد. بـر روی مدار الکترونیکی یک LCD نصب شد که میزان ولتاژ خروجی ، میزان باز شدن دریچه شیر، شماره کرت و موقعیت مکانی در کرت را نشان می داد.

شیر تنظیم نرخ مورد نیاز جهت اعمال:

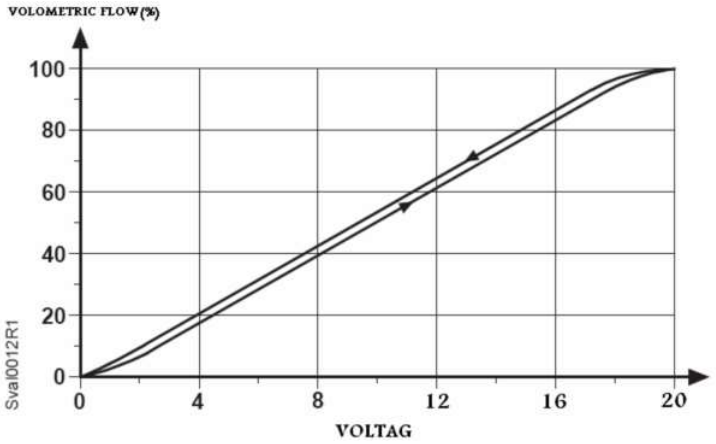
شیر نرخ متغیرمورد استفاده یک سوپاپ کنترل با عملگر مغناطیسی مدل SCS-magnetic ساخت سـوئیس بـود کـه میـزان دریچه خروجی آن متناسب با میزان ولتاژ مستقیم داده شده به آن از صفر تا ۱۰۰درصد قابل تغییر است.

البته این شیر هم به صورت دستی و هم الکتریکی تحریک می شود. برخی ویژگیهای منحصربفرد شیر در جدول ۱ آمده است:

Positioning signal	DC 0….20V
Positioning time	<1s
Positioning feedback	DC 0….20V
Nominal pressure	15 bar
Max temperature	45°

جدول۱: ویژگیهای شیر مغناطیسی مورد استفاده

یکی از ویژگی های مهم این شیر رابطه خطی بین ولتاژ داده شده با موقعیت دریچه شیر است که در نمودار شکل۵ نشان داده شده است .



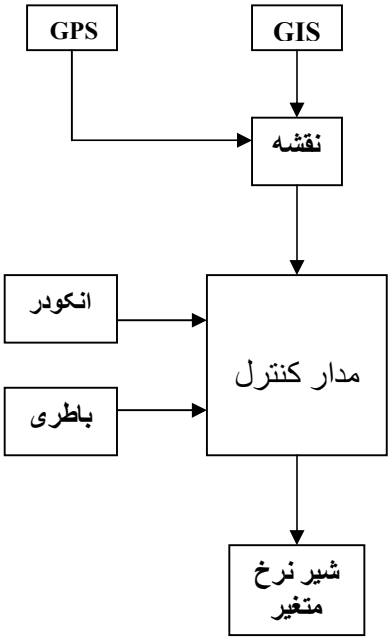
شکل ۵: رابطه خطی بین ولتاژ داده شده با موقعیت دریچه شیر

ورودی این شیر از خروجی مدار الکترونیکی گرفته می شود . همانگونه که از نمودار شکل۴ پیداست هر چه ولتاژ داده شده به شیر بالاتر باشد میزان باز بودن دریچه بیشتر است این شیر همچنین قابلیت بازخورد یعنی بازگشت به موقعیت قبلی را نیز در کمتر از ۱ ثانیه دارد .

شیر مورد نظر دو ورودی و یک خروجی ۱/۲ اینچ دارد که دو ورودی از دو شیر متفاوت روی کودپاش تغذیه می شود. خروجی را به دو قسمت بوم هدایت می کنیم تا میزان افت فشار در هر دو طرف یکسان باشد. شیر را در مدار بعد از پمپ و قبل از لوله پاشش کود مایع قرار میدهیم. همچنین ارتفاع نازل ها ۵/. متر و فاصله شان از هم نیز ۵/. متر است (شکل ۶).

شکل ۶: مکان قرار گیری شیر مغناطیسی بر روی سامانه کودپاش نرخ متغیر

این شیر متناسب با مکان مورد نظر روی زمین میزان نرخ پاشش مناسب را اعمال می کند. شکل کلی سیستم به کار برده شـده به صورت شکل ۷ است:



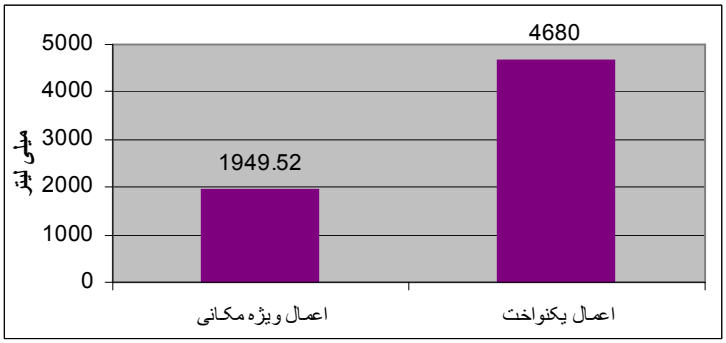
شکل ۷: مدار کلی دستگاه

قبل از ورود دستگاه به مزرعه بایستی دقت دستگاه ، میزان تاخیر و سرعت دستگاه واسنجی شوند. بر همین اساس ارزیابی دستگاه هم بصورت آزمایشگاهی با شبکه های مجازی بر روی آسفالت و هم در مزرعه با شبکه های واقعی صورت گرفت. در این تحقیق پارامترهای میزان کود مصرفی در هر دو شیوه اعمال کود به صورت ویژه مکانی و یکنواخت مورد بررسی قـرار گرفتنـد. همچنـین

میزان دقت و خطای اعمال دستگاه در هر کرت اعمال ویژه مکانی در هر دو تست آزمایشگاهی و مزرعه ای مورد بررسی قرار گرفت. پس از انجام آزمایشات و ثبت اطلاعات ،داده ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج وبحث:

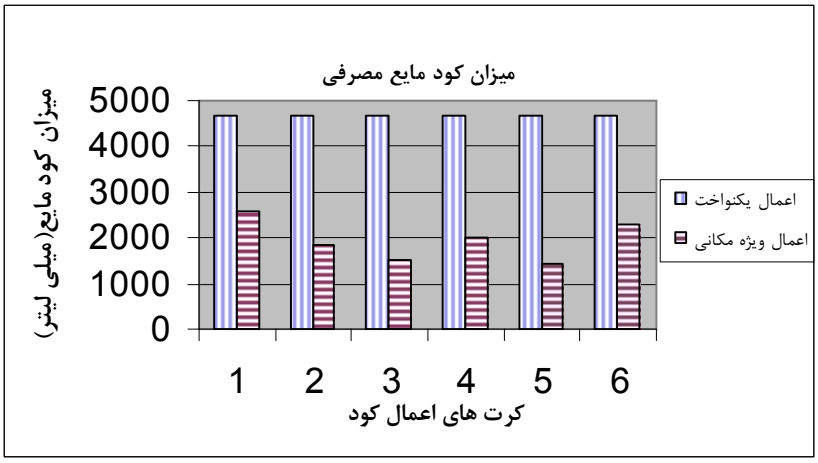
میزان کود مصرفی : مقایسه میانگین میزان کود مایع مصرفی در کرتهای با اعمال ویژه مکانی و کرت های اعمال یکنواخت در نمودار شکل ۸ آمده ست.



شکل ۸: نمودار مقایسه میانگین میزان کود مایع مصرفی در کرتهای با اعمال ویژه مکانی و کرت های اعمال یکنواخت

همانگونه که در نمودار معلوم است. میزان کود مصرفی در کاربرد ویژه مکانی به طور میانگین ۱۹۴۹/۵۲ میلی لیتر و در کاربرد یکنواخت ۴۶۸۰ میلی لیتر (به ازای هر ۴ نازل و ۵۰ متر حرکت) می باشد . این موضوع بدین معناست که در شیوه کاربرد ویژه مکانی کود مایع ۵۸/۳۴ در صد صرفه جویی در مصرف کود شده است.

نمودار شکل ۹ مقایسه میان اعمال کود به هر دو شیوه را در هر ۶ کرت نشان می دهد.



شکل ۹: نمودار مقایسه میان اعمال کود به دو شیوه اعمال خاص مکانی و اعمال یکنواخت در هر کرت

زیاد شدن یا کم شدن میزان کود مصرفی در شیوه اعمال ویژه مکانی وابسته به میزان نیاز کودی زمین از داده های فرضی داده شده است. در حالی که میزان کود مصرفی در شیوه اعمال ویژه مکانی همواره ثابت است و ربطی به تغییرات ازت خاک ندارد.

بررسی دقت سامانه اعمال ویژه مکانی:

منظور از دقت دستگاه پاشش کود مایع در محل شبکه های مشخص شده می باشد. برای اندازه گیری دقت سامانه میزان تاخیر یا تعجیل دستگاه در پاشش بروی محل های مورد نظر علامت گذاری گردید. دقت دستگاه خیلی خیلی وایسته به عملکرد صحیح انکودر شافت می باشد زیرا شیر نرخ متغیر در کمتر از ۱ ثانیه به دستورصادره از مدار واکنش نشان داده و نرخ مورد نیاز را اعمال می کند. خطا در داده های ارسالی از انکودر شافت به دو دلیل می باشد:

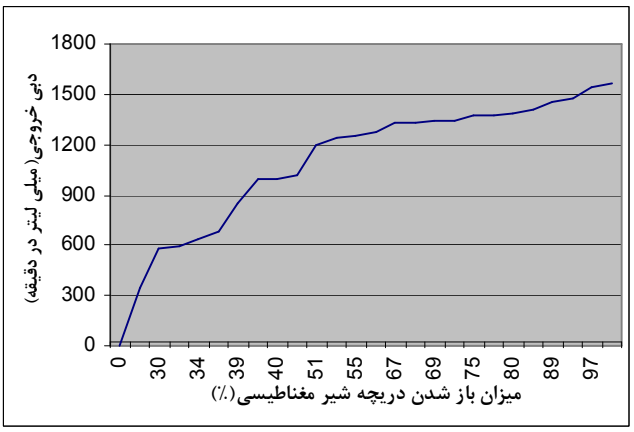
۱) سرش شافت انکودر بر روی قسمت داخلی شافتکه باعث می شود دستگاه بعد از منطقه مورد نظر پاشش کند (تاخیر).

۲) لرزش های تراکتور که به خاطر ایجاد پالس اضافی در مدار انکودر باعث می شود دستگاه قبل از منطقه مورد نظر پاشش کند.(تعجیل)

میانگین خطا در قسمت آزمایشگاهی ۱/۳۲ درصد بود به این معنا که ۶۶ سانتی متر از ۵۰ متر مورد اعمال ،نرخی غیر از نرخ مورد نظر را دریافت کردند. خطا در تست آزمایشگاهی فقط ناشی از سرش انکودر شافت است ولی در تست مزرعه ای به علت ناهموار بودن زمین و حساسیت اندک انکودر شافت به لرزش ها باعث بوجود آمدن پالس اضافی می شود که البته تا حدودی تاثیر اشتباه سرش شافت انکودر را پوشش می دهد. میانگین خطا در تست مزرعه ای ۱/۵۸ در صد بود به این معنا که ۷۹ سانتی متر از کل کرت نرخی غیر از نرخ مورد نظر دریافت می کنند.

رابطه میان میزان باز شدن شیر نرخ متغیر ودبی خروجی از آن :

همانگونه که اشاره شد میزان باز شده دریچه شیر نرخ متغیر بر روی LCD تعبیه شده در مدار نشان داده می شود. میزان دبی خروجی از هر نازل نیز توسط یک بشر یک لیتری در ۳۰ ثانیه جمع آوری شد. داده های این دو پارامتر را برای بررسی میزان خطی بودن آنها بررسی می کنیم . رابطه میان این دو پارامتر در شکل ۱۰ نشان داده شده ست.



شکل۱۰: نمودار بین میزان باز شدن شیر نرخ متغیر ودبی خروجی از آن

نمودار نشان می دهد که با احتمال ۸۷ درصد رابطه میان این دوپارامتر خطی است.

پیشنهادات:

۱. ساخت دستگاهی که در حال حرکت میزان ازت خاک را اندازه گیری کرده و خروجی آن به مدار الکترونیکی متصل شود تا همزمان با اندازه گیری ازت خاک، اعمال متناسب با نیاز اعمال گردد.

۲. بکار گرفتن شیر های نرخ متغیر قبل از هر کدام از نازل ها به طور جداگانه امکان مدیریت مزرعه را بصورت شبکه های ۰/۵* ۰/۵ خواهد اد.

فهرست منابع:

۱- عابدی، ج و همکاران.۱۳۸۰. آلودگی آبهای زیر زمینی اطراف شاهین شهر . سومین کنفرانس هیدرولیک ایران.

۲- قزوینی، ح. م. الماسی و م. فحی.۱۳۸۵. تاثیر استفاده از نقشه های دیجیتال در کشاورزی دقیق بر مصرف بهینه کود در منطقه برخوار اصفهان. چهارمین کنفرانس ملی ماشینهای کشاورزی. تبریز.۱۳۸۵.

۳- لغوی، م. ۱۳۸۲. راهنمای کشاورزی دقیق برای متخصصین کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. تهران، ۲۹۵ صفحه.

۴ - Anglund, E.A., and P.D.Ayers. 2003. Field evaluation of response times for a variable rate (Pressure – based and injection) liquid chemical applicator, App. Eng. In Agric. 19,273,282.

۵ - Ess, D. R. and S. D. Parsons. 2001. Implementing site-specific management: Sprayer technology-controlling application rate and droplet size distribution on the go. Purdue University. SSMG-5-W.

۶ - Fleming, K.L and K.G. westfall. 2000. Evaluating farmer defined management zone maps for variable rate fertilizer application. Precision Agriculture, 2, 201.215.

۷ - Munack, A., E. Bunnig and H. Speckmann(1999). Ahigh performance control system for spreading of liquid manure. Proceeding of the 14th IFAC, Pequin, China, pp.389-394.

۸ - Mulla, D.J. 1991. Using geostatistics and GIS to manage spatial pattern in soil fertility. In : Automated Agriculture for the 21 century. St. Joseph, Mich: ASAE.

۹ - Paz, J.O., Batchelor, W.D., Colvin, T.S., Logsdon, S.D., Kaspar, T.C., Karlen, D.L., 1999. Model- based technique to determine variable rate nitrogen for corn. Transactions of ASAE.61,69-75.

۱۰ - yang, C.,G.L. Anderson, J.H. Everitt, and J.M. Bradford 1998. Nitrogen and Phosphorus management using a variable rate liquid Fertilizer applicator. ASAE. Paper No. 98-1050 St. Joseph, Michigan, ASAE

۱۱ -Ulson, J.A.C., I.N. Silva, S. H Benez, R.L.V. Boas (2002). Modeling and identification of fertility maps using artificial neural networks. 2002 IEEE Internacional Conference on System, Man and Cybernetics. Nashvill, USA.

۱۲ - Welsh, J.P.; G.A. wood; R.J. Godwin, J.C. Taylor, R. Earl; S/Black and S.M. Knight. 2002. Developing strategies for spatially variable nitrogen application in Wirter barley and Wheat. Biosystem Engineering. 84(4), 481-494.