

بررسی عملکرد کارنده نیوماتیکی بر اساس پردازش فیلم و کالمن فیلتر

سامان آبدانان مهدی‌زاده^{۱*} و زهرا عبدالله زارع^۲

۱. استادیار، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۱۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۱/۲۱)

چکیده

از کارنده نیوماتیکی به طور گسترده برای کشت دقیق بذور سورگوم و خیار استفاده می‌شود. عملکرد و دقت پخش موزع نیوماتیکی از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین آزمایشاتی در سه مکش ۲۵، ۳۵ و ۴۵ میلی‌بار و دو سطح سرعت پیشروی ۳ تا ۴/۵ و ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت انجام و شاخص چندگانه، کیفیت تغذیه و نکاشت اندازه‌گیری شد. در ضمن، یک مدل حرکتی با استفاده از کالمن برای ردیابی ساخته و رفتارهای بذور ترسیم گردید. بر اساس تجزیه و تحلیل رفتارهای سقوط بذر، مشخص شد که یک رابطه نزدیکی بین رفتارهای سقوط بذر و یکنواختی کاشت وجود داشت. سطوح بهینه مکش و سرعت پیشروی کشت دقیق برای بذور خیار و سورگوم در مکش ۳۵ میلی‌بار و سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت به دست آمد. در نهایت مشخص گردید که با افزایش سرعت و در مکش نامناسب، درصد انحراف بذور از مسیر مستقیم بیشتر شده که این مساله سبب کاهش یکنواختی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کالمن فیلتر، پردازش فیلم، کارنده نیوماتیکی، یکنواختی توزیع بذر

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت در کشورهای مختلف، بالا رفتن سطح زندگی و تمایل به مصرف بیشتر، نیاز به افزایش مواد غذایی را تشدید نموده است. به همین خاطر روزبه‌روز بر اهمیت توسعه و افزایش محصولات کشاورزی افزوده می‌شود. در این راستا کاربرد ماشین، به خصوص ماشین‌های کاشت بر افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و کاهش مصرف نهاده‌های مصرفی مانند کود و بذر، تأثیرگذار بوده است. از این رو، یکی از مهمترین معیارهای ارزیابی عملکرد کارنده‌ها، یکنواختی فاصله بین بذور است. یکنواختی کاشت تحت تأثیر پارامترهای مختلفی از جمله خصوصیات بذر، نوع و ساختار موزع و برخی پارامترهای دیگر کارنده است. عدم انتخاب و طراحی بهینه هر یک از این پارامترها می‌تواند اثرات منفی بر فاصله بذور ایجاد کنند. همچنین این مکانیزم ممکن است چند بذر را انتخاب و رها سازد در نتیجه بین بذور فاصله کمی ایجاد شود (Karayel et al., 2004). فاکتور خصوصیات فیزیکی بذر (از جمله قطر میانگین هندسی، وزن هزاردانه، کرویت، چگالی حجمی، چگالی

بذر و ابعاد بذر) که از عوامل مهم در تعیین میزان مکش بهینه بذرکار دقیق هستند و سرعت پیشروی ماشین نیز بر یکنواختی کاشت تأثیر می‌گذارند (Afify et al., 2009; Xiaoyan et al., 2010).

روش‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای متعددی برای ارزیابی کارایی و عملکرد دقیق کارها توسعه یافته است که هر روش دارای مزایا و کاستی‌های خود است. روش‌های آزمایشگاهی مستلزم استفاده از ابزار دقیق هستند. بنابراین می‌توان در حداقل زمان ممکن علاوه بر بررسی سیستم تغذیه، یکنواختی و غیریکنواختی فواصل بذور رها شده بر بستر بذر را تعیین نمود. برای این منظور، در سال‌های اخیر کاربرد برخی روش‌های سنجش و ارزیابی غیرتماسی، از جمله روش‌های مبتنی بر حسگرهای نوری- الکترونیکی و ماشین بینایی توسعه یافته‌اند. در این بین، روش‌های مبتنی بر حسگر نوری- الکترونیکی به دلیل قابلیت تعیین موقعیت بذر نسبت به کارنده، از مزیت نسبی بیشتری برخوردارند (Bracy et al., 1998; Navid et al., 2011; Abdi et al., 2006). در کارنده‌ها برخی پارامترهای غیر قابل کنترل که گاه اثرات منفی معنی‌داری بر فاصله میان بذور دارند عبارتند از ارتعاشات بدنه ردیف‌کار، حرکات و جابجایی‌های غیر قابل کنترل دانه در طی انتقال بداخل شیار و

* نویسنده مسئول: s.abdanan@ramin.ac.ir

آغشته به گریس استفاده کردند. در این مطالعه پس از تعیین مکش بهینه، یک مدل ریاضی مناسب ارائه شد که متأثر از خصوصیات فیزیکی بذرهای مختلف از جمله ذرت، پنبه، سویا، هندوانه، خربزه، خیار و چغندرقدند، می‌توانست میزان مکش بهینه دقیق کار برای کشت هر یک از بذور را تخمین بزند (Karayel et al., 2004). اما تاکنون روشی جهت تعیین و پیش‌بینی مسیر حرکت بذور و ارتباط میان مسیر حرکت و یکنواختی کاشت به صورت آنلاین ارائه نشده است.

در چند سال اخیر توجه زیادی به تخمین و ردیابی حرکت اشیاء در زمینه‌های مختلف مهندسی مانند دوربین‌های نظارتی، سیستم‌های مدیریت ترافیک، تفسیر ویدیو و غیره شده است (Zhao & Nevatia, 2004; Jang et al., 2002). پیچیدگی ردیابی شیء اغلب به علت تغییرات روشنایی صحنه، حرکت پیچیده شیء و مسدود شدن شیء به طور جزئی و کلی است. اغلب الگوریتم‌های ردیابی فرض می‌کنند که شیء محرک در مکانی هموار و بدون تغییر ناگهانی حرکت می‌کند. از سیستم‌های مختلف ردیابی به طور گسترده‌ای برای جلوگیری از جرم و جنایت در موقعیت‌های غیر عادی استفاده می‌شود؛ Yoon & Chun (2015) یک مدل ردیابی برای پیشگیری از جرم و جنایت با استفاده از کالمن فیلتر را پیشنهاد کردند. در این مدل برخی ویژگی‌های استخراج شده شیء و ارتباط میان اشیاء با استفاده از سیستم‌های مدار بسته در خیابان استفاده شد. Akhil & Anoop (2014) یک سیستم ردیابی بر اساس کالمن فیلتر به منظور آنالیز ترافیک توسعه دادند. در سیستم آن‌ها از داده‌های به دست آمده از روش‌های آنلاین و آفلاین جهت بهره‌وری و کارایی بیشتر استفاده گردید. در پژوهشی دیگر به منظور ردیابی حرکت اشیاء به طور همزمان از کالمن فیلتر و الگوریتم جریان نوری استفاده کردند. الگوریتم جریان نوری نه تنها از دقت بالایی برخوردار بود بلکه انسداد در یک ویدیو را نیز به خوبی تعیین و با محاسبات کمتر نتایج بهتری را ارائه می‌نمود (shantaiya et al., 2015).

ردیابی شیء متحرک یک موضوع مهم در سیستم‌های ویدیویی محسوب می‌شود. با این حال، اگر پس زمینه و اشیاء متحرک به صورت متفاوت پویا باشند، شرایط برای تشخیص و ردیابی شیء اصلی پیچیده خواهد شد. کاربرد این روش در کارنده‌ها و در صورت انتخاب یک مرجع مختصات متصل به زمین، متحرک بودن دوربین و نیز جابجایی خاک (به عنوان پس زمینه) توسط شیاربازکن سبب ایجاد یک حرکت نسبی بین دوربین و پس زمینه می‌شود. این مورد می‌تواند یکی از محدودیت‌های اساسی کاربرد این روش در ارزیابی کارنده‌ها

نیز در حین پوشانده شدن با خاک (Panning et al., 2000; Hemmat & Asadi-Khoshoee, 2002). این موارد، امکان محاسبه دقیق زمان سقوط بذر و به تبع آن کاربرد حسگرهای نوری-الکترونیکی را دشوار می‌کند. (Onal et al., 2012) دقت فاصله کاشت یک نوع دقیق کار مکشی را به دو روش تئوری و آزمایشگاهی (به کمک تسمه گریسی) برای بذور پنبه و ذرت مورد ارزیابی قرار دادند. آنها یکنواختی کاشت بذور ذرت را در دو فاصله کشت ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر و برای بذور پنبه در دو فاصله ۵ و ۱۰ سانتی‌متر و در سه سرعت پیشروی ۱، ۱/۵ و ۲ متر بر ثانیه بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بهترین یکنواختی کاشت برای پنبه در سرعت پیشروی ۱ متر بر ثانیه و فاصله کاشت ۰/۵ متر تعیین شد. مقادیر متناظر برای ذرت نیز به ترتیب ۱/۵ متر بر ثانیه و ۰/۱ متر بودند. Hajahmed et al. (2012) جهت بررسی عملکرد موزع مکانیکی یک کارنده، از یک حسگر نوری-الکترونیکی استفاده کردند. اجزا مختلف این سیستم که امکان تعیین موقعیت بذر را فراهم می‌کرد، شامل حسگر نوری الکترونیکی برای تشخیص بذر، اینکودر چرخان برای اندازه‌گیری سرعت پیشروی، آمپلی فایرها (تقویت‌کننده)، یک میکروکنترلر برای همگام‌سازی سیگنال‌های سنسور و رایانه برای برنامه عملیاتی و نمایش اطلاعات پردازش شده، بود. آنها خطای کل این سیستم در تعیین موقعیت بذور در سرعت‌های ۱/۳ و ۱/۹ متر بر ثانیه را به ترتیب ۴٪ ± و ۱۰٪ ± گزارش کردند. Karayel et al. (2006) یک سیستم مجهز به دوربین سرعت بالا را برای ارزیابی یکنواختی فواصل کاشت و سرعت سقوط بذرها در خطی کارها طراحی کردند. عملکرد این سیستم برای ارزیابی فواصل بذور با دستگاه تسمه گریسی مقایسه شد، برای این کار بطور هم‌زمان در هر دو سیستم از بذور گندم و سویا استفاده گردید. موزع خطی کار در سرعت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دور در دقیقه و دستگاه تسمه گریسی در سرعت خطی یک متر بر ثانیه تنظیم شدند. طبق نتایج بدست آمده با افزایش سرعت چرخش صفحه تقسیم بذر از ۱۰ تا ۴۰ دور بر دقیقه برای دو بذر گندم و سویا، سرعت سقوط بذر از ۱/۷۱ متر بر ثانیه به ۱/۲ متر بر ثانیه کاهش یافت.

در روش‌های مذکور با استفاده از زمان سقوط بذر و معادلات کلاسیک، مکان بذر و سرعت سقوط بذر تعیین می‌شود. طی پژوهشی دیگری، کارایی یک دقیق کار نیوماتیک در سطوح فشار ۲، ۳، ۴ و ۵ کیلوپاسکال برای بذور ذرت، سویا و پنبه، ۲، ۲/۵، ۳ و ۳/۵ کیلوپاسکال برای خربزه، هندوانه و خیار و ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ کیلوپاسکال برای بذور چغندرقدند و پیاز مطالعه کردند. آن‌ها برای انجام آزمایش‌ها از یک مقاله تسمه‌ای

فاکتورهای عملکردی کارنده مورد بررسی شامل فشار در سه سطح ۲۵، ۳۵ و ۴۵ میلی‌بار و سرعت پیشروی در دو سطح ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت و ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت بود. جهت راه‌اندازی بذرکار از یک تراکتور MF399 مجهز به انواع حسگرهای اندازه‌گیری لحظه‌ای پارامترهای عملکردی تراکتور- ادوات مانند دور موتور، درصد بکسواد کلیه چرخ‌ها، سرعت پیشروی واقعی، نیروی کششی و مصرف سوخت استفاده شد. همچنین داده‌های مربوط به کلیه این پارامترها از طریق یک سامانه جمع‌آوری داده (DAS^۲) دریافت شد که به صورت بی-سیم^۳ بر روی لپ‌تاپ کاربر قابل نمایش و ذخیره سازی بود (Kazemi et al., 2014). در همین راستا یک دستگاه شفت انکودر مدل S48-8-0360ZT(TK1) روی محور چرخ محرک صفحات موزع نصب و به DAS متصل گردید. جهت اندازه‌گیری فشار پشت موزع از یک دستگاه ترنسدمتر^۴ مکش مدل BT 10-210 با دقت منفی هزار میلی‌بار که به سامانه جمع‌آوری داده‌های تراکتور متصل گردید استفاده شد. جهت نظارت و ثبت کامل رفتار بذور از تکنیک پردازش فیلم استفاده شد. بدین‌منظور از یک دوربین فیلم‌برداری (Fuji F660EXR) با سرعت ۳۲۰ فرم در ثانیه و قدرت تفکیک ۳۲۰×۲۴۰ پیکسل^۵ استفاده گردید.

ارزیابی عملکرد کارنده

برای ارزیابی یکنواختی فواصل بذور با استفاده از روش‌ها و شاخص‌های توصیف شده در پژوهش (Kachman & Smith, 1995) اندازه‌گیری شدند. این شاخص‌ها شامل شاخص نکاشت (درصدی از بذور که در فاصله‌ای بزرگتر از ۱/۵ برابر فاصله تئوری قرار می‌گیرد)، شاخص چندگانه (درصد سقوط چندتایی بذور که فاصله هر دو بذر کوچکتر یا مساوی نصف فاصله تئوری باشد) و شاخص کیفیت تغذیه (درصد فواصلی که بین ۰/۵ و ۱/۵ برابر فاصله تئوری قرار می‌گیرند و درصد سقوط تکی بذر را نشان می‌دهد). هستند.

ردیابی شی متحرک به وسیله‌ی کالمن فیلتر

در مساله ردیابی بذر که نیاز به اطلاعات حرکت در تخمین مسیر عبور وجود دارد با توجه به شرایط موجود در مزرعه، وجود گرد و خاک و تکان‌های شدید کارنده روش‌های تشخیص ساده قادر نخواهد بود به درستی حرکت شی را اندازه‌گیری و ردیابی

باشد. در نتیجه امکان پیاده‌سازی روش استفاده از اطلاعات تفاوت میان دو فریم متوالی برای استخراج شی‌های متحرک که در پژوهش‌های (Kim & Hwang, 2002) و Park et al. (2000) و Chien et al. (2002) به منظور ردیابی سریع شی متحرک استفاده شده است در این پژوهش وجود ندارد. به همین دلیل در ارزیابی کارنده بیش‌تر از مشخصات رنگ، بافت و شکل در ردیابی شی استفاده شده است (Wu & Huang, 2001; Nguyen & Smeulders, 2004). اما عیب استفاده از ویژگی‌های ظاهری برای تشخیص شی متحرک این است که این روش فقط زمانی که شی هدف با ویژگی‌های دارای توزیع یکنواخت باشد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. از این رو هدف از این پژوهش (۱) ارائه روشی بر مبنای کالمن فیلتر برای رفع عیوب روش‌های پیشین به منظور ردیابی بذور در بذر کار و ترسیم مسیر حرکت بذر حین عملیات کاشت؛ (۲) بررسی امکان ایجاد ارتباط میان مسیر حرکت و یکنواختی کاشت در بذرکار است. از روش کالمن فیلتر برای ردیابی انسان در دوربین‌های نظارتی (Jang et al., 2002)، پیش‌بینی حرکت خودرو (Hague et al., 2000)، پیشگویی حجم ترافیک (Okutani & Stephanedes, 1984) و بسیاری از موارد دیگر استفاده شده است. اما بر اساس بررسی‌های صورت گرفته تا کنون از این روش به منظور بررسی یکنواختی کاشت و ترسیم مسیر حرکت بذور در ردیفکارها استفاده نشده است و کاملاً بدیع می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل با سه فاکتور و سه تکرار اجرا شد. بررسی یکنواختی فاصله‌ی کاشت با استفاده از روش پیشنهادی توسط Kachman & Smith (1995) برای دو نوع بذر خیار و سورگوم با خصوصیات فیزیکی متفاوت با استفاده از کارنده نیوماتیکی مکشی یونیسیم^۱ انجام گردید. کارنده نیوماتیکی مورد استفاده فاقد لوله سقوط و دارای شیاربازکن از نوع runner opener می‌باشد. فاصله محل جدایی بذر از صفحه تقسیم بذر تا کف سویل بین ۲۰ سانتی‌متر بود. بستر خاکی با خاک نرم الک شده پر گردید. برای هر آزمایش یک کیلوگرم از هر بذر در مخزن ریخته شد بطوریکه تا حدود ۷۵٪ ارتفاع صفحه تقسیم بذر پوشیده از بذر بود. دوربین بر روی شاسی طراحی شده که در پشت شیاربازکن نصب شده بود قرار داده شد.

2. Data Acquisition System
3. Wireless
4. Vacuum Transmitter
5. Pixel

1. Unisem

کنند. در این پژوهش، یک کالمن فیلتر به منظور تطبیق با شرایط موجود پیاده‌سازی گردید. در کالمن فیلتر تطبیقی پیشنهاد شده، یک مدل حرکتی برای آماده‌سازی معادله حالت و در نتیجه تشخیص شی متحرک در فریم‌های متوالی به عنوان معیار برای اصلاح، بازخورد می‌شود. به علاوه، تخمین پارامترهای کالمن فیلتر به طور تطبیقی تنظیم می‌شوند.

کالمن فیلتر

کالمن فیلتر در مسائل مختلف مهندسی با موفقیت استفاده شده است. کالمن فیلتر دو ویژگی متمایز دارد. یکی این است که مدل ریاضی‌اش در قالب مفاهیم فضای حالت تشریح می‌شود. دیگری این است که راه حل آن به صورت بازگشتی محاسبه می‌شود. معمولاً کالمن فیلتر به وسیله‌ی مدل حالت سیستم و مدل اندازه‌گیری^۱ توصیف می‌شود. مدل حالت فضایی به صورت روابط (۱) تا (۳) توصیف می‌شود (Weng et al., 2006):

$$S(t) = O(t-1)S(t-1) + w(t) \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$Z(t) = H(t)s(t) + v(t) \quad (\text{رابطه ۲})$$

که $H(t)$ و $O(t-1)$ به ترتیب ماتریس انتقال حالت و ماتریس اندازه‌گیری هستند.

$w(t)$ و $v(t)$ نویز گوسی سفید و با فرض میانگین صفر

برای نویزها

$$E\{w(x)w^T(l)\} = Q \delta_{kl}, \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$E\{v(x)v^T(l)\} = R \delta_{kl},$$

که δ_{kl} نشان دهنده‌ی تابع دلتای کرونکر، Q و R به ترتیب ماتریس‌های کواریانس $w(t)$ و $v(t)$ هستند. بردار حالت $s(t)$ زمان فعلی t از تخمین (برآورد) قبلی و اندازه‌گیری جدید $Z(t)$ پیش بینی می‌شود.

وظایف کالمن فیلتر دو فاز دارد: مرحله‌ی پیش بینی و مرحله‌ی اصلاح. مرحله‌ی پیش بینی مسئول طرح ریزی پیش روی وضعیت فعلی و بدست آوردن یک برآورد رو به جلو از وضعیت $s^-(t)$. وظیفه‌ی مرحله‌ی اصلاح مربوط به بازخورد است. این مساله را می‌توان به صورت ترکیبی از اندازه‌گیری واقعی درون برآورد رو به جلو جهت کسب بهبود تخمین پسین^۲ $s^+(t)$. در صورت رابطه ۴ نوشت (Weng et al., 2006):

$$s^+(t) = s^-(t) + k(t)z(t) - H(t)s^-(t) \quad (\text{رابطه ۴})$$

که k بهره است و به صورت رابطه ۵ تعریف می‌شود

$$k = (Weng et al., 2006)$$

(رابطه ۵)

$$K(t) = P(t)H(t)^T(H(t)P(t)H(t)^T + R(t))^{-1} = \frac{P^-(t)H(t)^T}{H(t)P^-(t)H(t)^T + R(t)}$$

در رابطه (۵) $P^-(t)$ کواریانس خطای برآورد پیشین است

که به صورت رابطه (۶) تعریف می‌شود (Park et al., 2000):

$$P^-(t) = E[e^-(t)e^-(t)^T] \quad (\text{رابطه ۶})$$

که $e^-(t) = s(t) - s^-(t)$ خطای تخمین پیشینی است. به

علاوه، کواریانس خطای تخمین پسین $P^+(t)$ به صورت رابطه (۷) تعریف می‌شود (Weng et al., 2006):

$$P^+(t) = E[e^+(t)e^+(t)^T] \quad (\text{رابطه ۷})$$

که $e^+(t) = s(t) - s^+(t)$ خطای تخمین پسین است. مرحله-

ی پیش بینی و مرحله‌ی اصلاح به صورت بازگشتی به صورت روابط (۸) تا (۱۴) تعریف می‌گردند.

مرحله‌ی پیش بینی (روابط ۸ و ۹)

$$S^-(t) = O(t-1)S^+(t-1) \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$P^-(t) = O(t-1)P^+(t-1)O(t-1)^T + Q(t-1) \quad (\text{رابطه ۹})$$

مرحله‌ی تصحیح (روابط ۱۰، ۱۱ و ۱۲)

$$K(t) = P(t)H(t)^T(H(t)P(t)H(t)^T + R(t))^{-1} \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

$$S^+(t) = S^-(t)K(t)(z(t) - H(t)S^-(t)) \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

$$P^+(t) = (1 - K(t)H(t))P^-(t) \quad (\text{رابطه ۱۲})$$

چرخه‌ی پیش بینی - اصلاح مرتب تکرار می‌شود. با نگاهی

به معادله‌ی (۱۰) به نظر می‌رسد، خطای اندازه‌گیری $R(t)$ و

بهره کالمن فیلتر $K(t)$ نسبت عکس دارند. هر چقدر $R(t)$ کوچکتر باشد بهره $K(t)$ باقیمانده را سنگین‌تر وزن‌دار می‌کند.

در این حالت، اندازه‌گیری واقعی بیشتر و نتیجه پیش‌بینی شده کمتر قابل اعتماد هستند. از طرف دیگر، وقتی که خطای برآورد

پیش بینی $P^-(t)$ نزدیک صفر است، بهره $K(t)$ باقیمانده را سبک‌تر وزن‌دار کرده در نتیجه اندازه‌گیری واقعی کمتر قابل

اعتماد بوده در حالیکه نتیجه پیش بینی شده بیشتر قابل اعتماد است. بنابراین، سیستم با یک مصالحه به نتیجه بهینه

نزدیک خواهد شد. از روابط ۸ تا ۱۲، چرخه‌ی پیش بینی - تصحیح کالمن فیلتر مرتب تکرار می‌شود. برای توسعه کالمن

فیلتر تطبیقی پیشنهاد شده، مدل حرکتی شی ساخته شده و به عنوان مدل حالت سیستم کالمن فیلتر استفاده می‌شود. مدل

حرکتی در مرحله‌ی پیش‌بینی کالمن فیلتر به کار خواهد رفت. سپس، برای مرحله تصحیح کالمن فیلتر، یک روش تشخیص

شی متحرک پیشنهاد می‌شود که متعاقباً توصیف می‌گردد.

در الگوریتم کالمن فیلتر، مدل حالت سیستم در گام پیش

بینی به کار برده می‌شود. قبل استفاده از کالمن فیلتر نیاز به

تعیین مدل حالت سیستم می‌باشد. در سیستم این پژوهش

1 - Measurement model

2 - posteriori estimate

صورتی که نرخ تغییرات در رشته فیلم بیشتر از حدآستانه باشد مقدار خطای پیش‌بینی $Q(t-1)$ از معادله‌ی (۹) همان $R(t)$ در نظر گرفته می‌شود. با روش اشاره شده کالمن فیلتر به طور خودکار برای تخمین شی متحرک تنظیم شد.

در آنالیز ویدئو، لازم است که ویژگی‌های اشیا متحرک تعیین گردد؛ بطوریکه شی متحرک بتواند تشخیص داده شده و ردیابی گردد. این ویژگی‌ها شامل رنگ، بافت، شکل و غیره هستند؛ در این پژوهش به منظور شروع فرآیند ردیابی با استفاده از کالمن فیلتر و تشخیص بذور سقوط کرده، ۵۰ فریم اول به منظور آموزش فیلتر و مقدار واریانس اولیه نیز ۱۰۰ لحاظ شد. به منظور انجام تقسیم‌بندی شی متحرک (بذر) و جداسازی آن از پس زمینه، اولاً اختلاف میان فریم‌های متوالی محاسبه گردید؛ دوماً، میانگین تغییرات رنگ در هر فریمی که دارای بذر بود به صورت دستی محاسبه و کمترین و بیشترین مساحت بذور در ۵۰ تصویر بدست آمد. سپس پارامترهای محاسبه شده به عنوان معیار تقسیم‌بندی شی متحرک و آموزش اولیه کالمن فیلتر استفاده شدند. نهایتاً دو خطای تخمین پسین و پیشین برای مرحله‌ی تصحیح و پیش‌بینی مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

در این بخش، به بررسی عملکرد کالمن فیلتر در تشخیص بذور تحت سرعت‌ها و فشارهای مختلف و امکان استفاده از این روش در بررسی یکنواختی کاشت بذرکار پرداخته می‌شود. در این پژوهش همان‌طور که گفته شد دو بذر سورگوم و خیار انتخاب گردیدند. علت این انتخاب تفاوت در ویژگی‌های فیزیکی این دو بذر بود. جدول ۱ میانگین و خطای استاندارد خصوصیات فیزیکی بذور را نمایش می‌دهد.

جدول ۱. میانگین و خطای استاندارد خصوصیات فیزیکی بذور

بذر	میانگین قطر هندسی (میلی‌متر)	چگالی بذر (کیلوگرم بر متر مکعب)	کروییت %	سطح بذر (میلی‌متر مربع)	وزن هزاردانه (گرم)
سورگوم	۰/۰۲±۳/۴۷	۱۲±۱۲۵۰	۰/۳۷±۷۶/۵۲	۰/۴۲±۱۶/۵۴	۰/۱۸±۲۹/۹
خیار	۰/۰۲±۴/۰۹	۱۲±۱۱۰۱	۰/۲۵±۳۹/۹۶	۰/۵۲±۴۷/۷۰	۰/۴۴±۳۳/۵

پردازش تصویر و سنسوری می‌گردد. لازم به ذکر است که در شکل‌های (۱) و (۳) یک دایره‌ای قرمز دور هر بذر ردیابی شده در همه آزمایشات آمده است. بعلاوه همان‌طور که گفته شد دو فرض سرعت ثابت و شتاب ثابت به منظور بررسی حرکت بذور مورد استفاده قرار گرفتند. ابتدا با توجه به اینکه بازه زمانی میان فریم‌ها خیلی کوتاه بود، فرض بر این شد که شی متحرک در

(بررسی حرکت بذر در حال سقوط)، مدل حالت سیستم مدل حرکتی است. از آنجایی که بازه زمانی میان فریم‌ها خیلی کوتاه است، فرض شد که شی متحرک در سرعتی یکنواخت در بازه زمانی دو فریم حرکت می‌کند. البته شتاب ثابت نیز در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفت. بنابراین، سرعت و شتاب شی متحرک می‌توانند به عنوان پارامترهای سیستم لحاظ شوند. به منظور تعیین سرعت و شتاب در مدل سیستم، فاصله حرکتی به صورت را بطله ۱۳ تنظیم گردید (Zhao & Nevatia, 2004):

$$d(t) = d(t-1) + (d(t-1) - d(t-2)) \quad (\text{رابطه ۱۳})$$

که $d(t-1)$ و $d(t-2)$ به ترتیب فواصل حرکتی در فریم‌های $t-1$ و $t-2$ هستند. از طریق روابط (۱) و (۱۳)، مدل سیستم کالمن فیلتر می‌تواند به صورت رابطه ۱۴ توصیف شود:

(رابطه ۱۴)

$$s(t) = O(t-1) s(t-1) + w(t) = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d(t-1) \\ d(t-2) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w(t) \\ 0 \end{bmatrix}$$

که

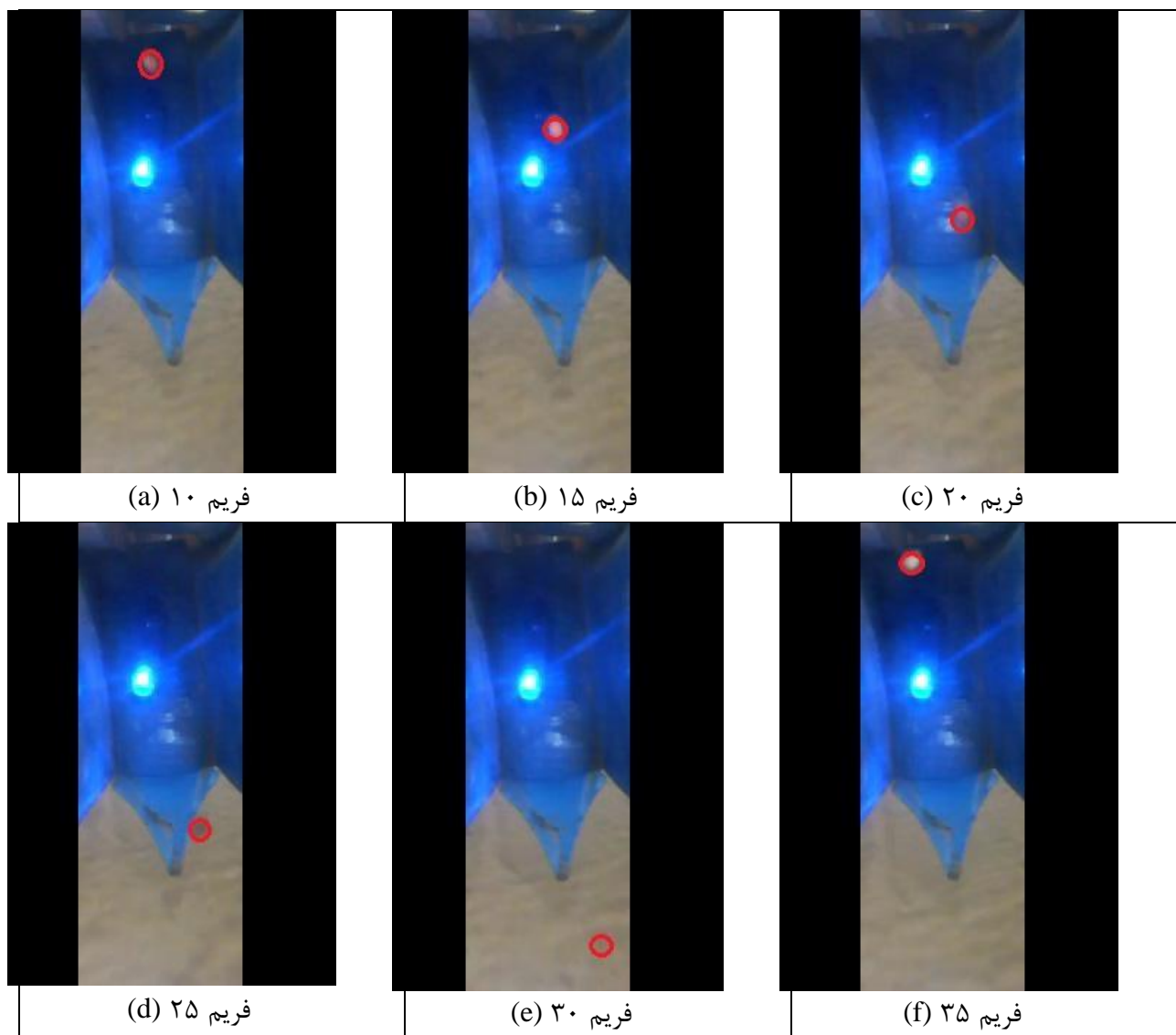
$$s(t) = \begin{bmatrix} d(t) \\ d(t-1) \end{bmatrix}, \quad s(t-1) = \begin{bmatrix} d(t-1) \\ d(t-2) \end{bmatrix}, \quad O(t) = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

بعد از ساخت مدل حرکتی و رسیدن به اندازه‌گیری به وسیله‌ی تشخیص شی متحرک، کالمن فیلتر را می‌توان برای تخمین حرکت شی در رشته فیلم به کار برد. مدل حالت سیستم در کالمن فیلتر به وسیله‌ی مدل حرکتی ساخته می‌شود و از آن در مرحله‌ی پیش‌بینی استفاده می‌گردد. بنابراین کالمن فیلتر این امکان را فراهم می‌کند تا پارامترهای تخمینی کالمن فیلتر به طور اتوماتیک تنظیم شوند. مطابق رابطه (۱۰)، بهره کالمن $K(t)$ در یک نسبت معکوس با خطای اندازه‌گیری $R(t)$ است. اگر نرخ تغییرات در رشته فیلم کمتر از حدآستانه باشد، مقدار خطای پیش‌بینی $Q(t-1)$ از معادله‌ی (۹) $1 - R(t)$ و در

حین آزمایش‌های مرزهای صورت گرفته و حرکت بذرکار و شیاربازکن آن در خاک تکان‌های شدیدی بوجود می‌آید؛ به دلیل این تکان‌های شدید و برخورد بذر به دیواره‌ها، یک تغییر سریع در مسیر حرکت بذر اتفاق می‌افتد. در ضمن به دلیل اینکه شیار بازکن در خاک حرکت می‌کند گرد و خاک ایجاد شده سبب انسداد و یا ایجاد خطا در سیستم‌های متداول

بسیار کوچک. در نتیجه فرض سرعت ثابت عملاً درست نبوده و حالت سرعت ثابت به خوبی و کارایی حالت شتاب ثابت توانایی ردیابی بذور را نداشت. بدین دلیل در سراسر پژوهش حاضر به منظور ردیابی بذور از حالت شتاب ثابت استفاده گردید.

سرعتی یکنواخت در بازه زمانی دو فریم حرکت می‌کند. اما بعد از بررسی مشخص گردید که کالمن فیلتر با شتاب ثابت دارای جواب‌های بهتر نسبت به حالت سرعت ثابت است. این مساله هم به این صورت قابل توجیه است که علاوه بر اینکه فاصله زمانی میان فریم‌ها خیلی کوتاه است اما جابه‌جایی‌ها نیز میان دو فریم



شکل ۱. نتیجه ردیابی بذر سورگوم در حین سقوط

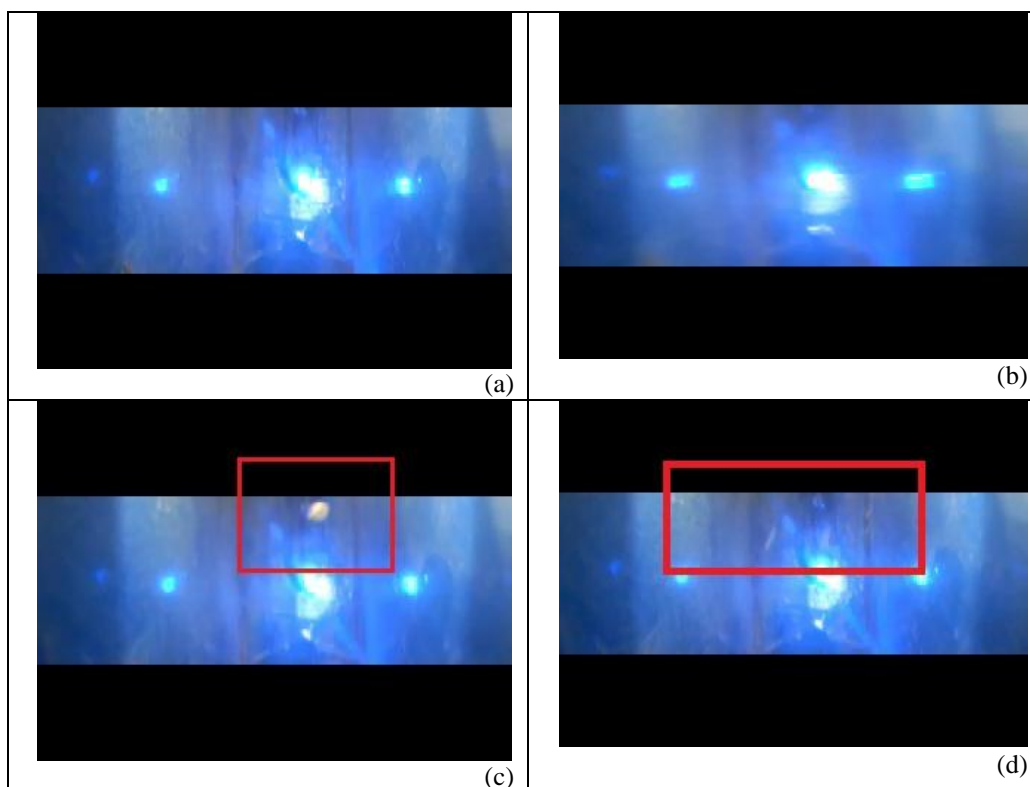
فریم با روش‌های متداول به راحتی قابل تشخیص ن. شکل ۱f بذور دیگری از موزع خارج شده که بلافاصله کالمن فیلتر تصحیح شده و بذور جدید را تشخیص می‌دهد.

شکل ۲a تصویر پشت شیاربازکن قبل از حرکت ردیفکار در خاک را نشان می‌دهد. بعد از حرکت ردیفکار تکان‌های شدید شیاربازکن در خاک به دوربین منتقل می‌شود که نتیجه آن، ضبط تصاویری تار و بی کیفیت است (شکل ۲b)؛ در شکل ۲c و ۲d به ترتیب جسم خارجی و گرد و خاک در تصاویر وجود دارد. در یک چنین حالت‌هایی ردیابی بذور در تصاویر با روش‌های

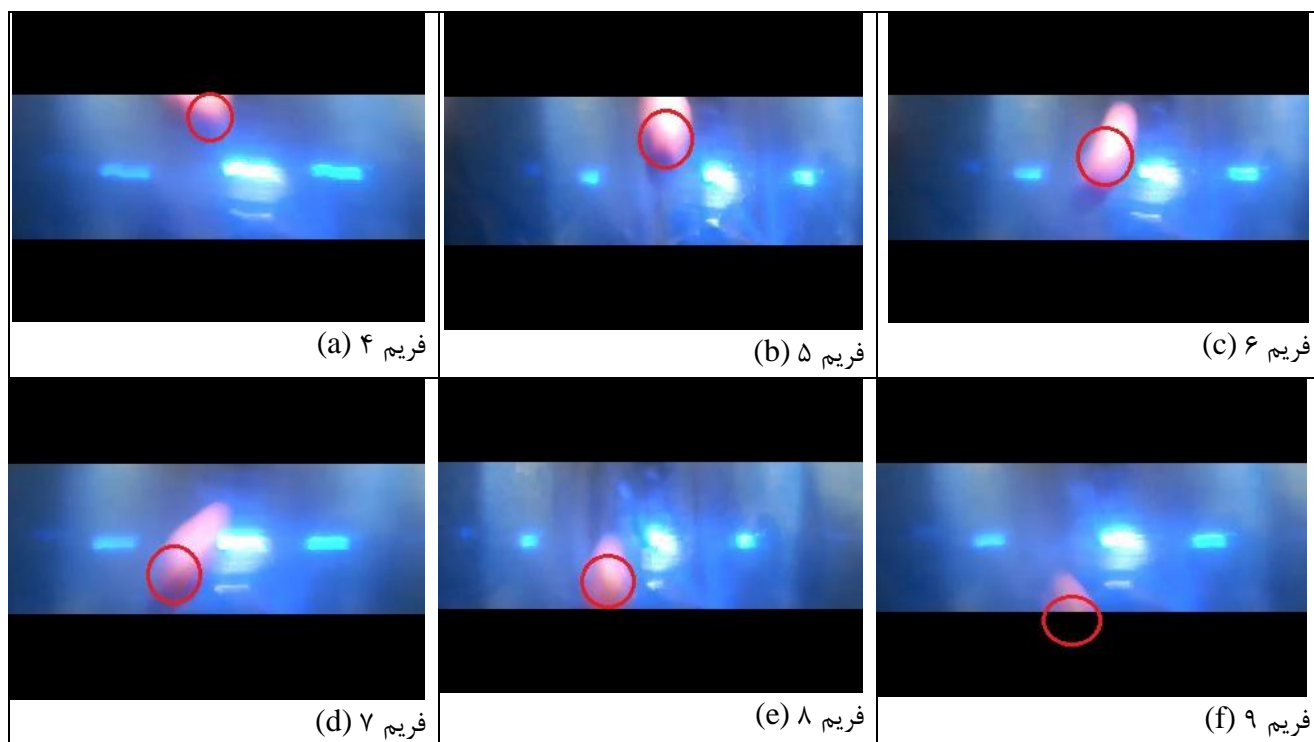
در اولین آزمایش که به صورت نمونه آمده است روش پیش‌بینی بذر در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. سرعت حرکت و فشار کاری ردیفکار به ترتیب ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت و ۳۵ میلی‌بار است؛ در ضمن شیاربازکن بالاتر از سطح خاک قرار دارد. همانطور که در شکل ۱e آمده است علی‌رغم اینکه بذر هم‌رنگ با خاک است و به راحتی قابل تشخیص نیست، اما با توجه به اینکه در کالمن فیلتر مدل حرکتی بذر تشکیل می‌شود مسیر حرکت بذور پیش‌بینی شده در نتیجه محل قرارگیری بذر در خاک نیز قابل تشخیص. این درحالی است که بذر در این

است که ردیفکار در این حالت به ترتیب در سرعت و فشار ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت و ۳۵ میلی‌بار عملیات کاشت را انجام می‌داد.

متداول تشخیص حرکت بذر امری دشوار بوده و سبب بروز خطا می‌شود. حال به منظور بررسی عملکرد روش پیشنهادی در این پژوهش، کالمن فیلتر توسعه یافته بر روی فیلم‌های حرکت ردیفکار تحت شرایط فوق‌الذکر پیاده‌سازی شد. شایان ذکر



شکل ۲. تصویر پشت شیاربازکن قبل از حرکت (a)، تار شدگی تصویر در اثر تکان‌های شدید شیاربازکن (b)، وجود اجسام خارجی (c) و گرد و خاک (d)

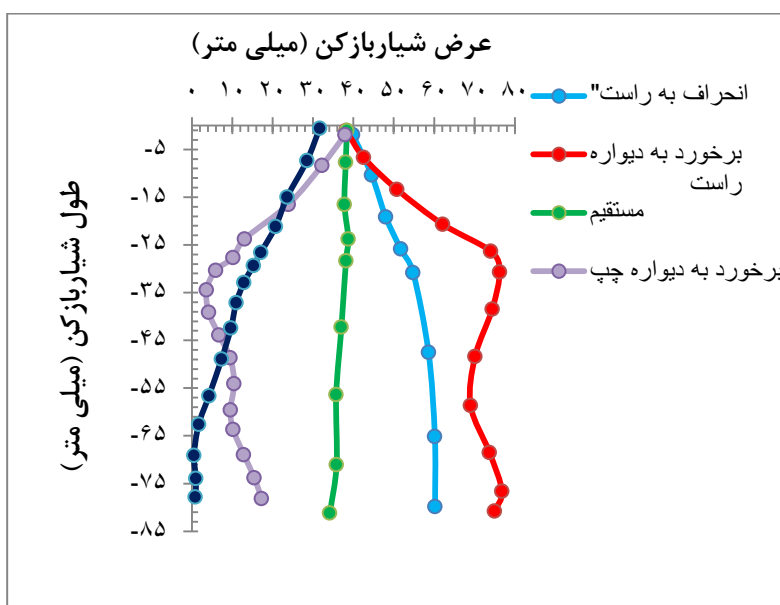


شکل ۳. نتیجه ردیابی بذر خیار در حین حرکت ردیفکار در خاک

وجود دارد و هنگام بر خورد بذور به دیواره علاوه بر تغییر مسیر حرکت سرعت بذور نیز تغییر می‌کند؛ این مساله نیز با تغییر مسیر در اثر برخورد به دیواره و گرایش به چپ و یا راست بذور برای روش پیشنهاد شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش ردیابی ارائه شده می‌تواند بذور را به طور مؤثر و کارا ردیابی کند.

با توجه به شکل ۴ می‌توان دریافت که رفتار بذور حین سقوط تحت شرایط واقعی و در حین حرکت متفاوت و تا حدودی غیرقابل پیش‌بینی . بطوریکه با بررسی رفتار بذور خیار و سورگوم برای بذور در هنگام سقوط ۵ حالت مختلف مشاهده گردید که در شکل ۴ به خوبی نشان داده است. برای دو بذور خیار و سورگوم، در هر ۶ تیمار رفتار تمامی بذور مورد بررسی قرار گرفت و در جدول (۲) ثبت گردید.

شکل ۳ تصویر حرکت بذور حین حرکت شیاربازکن در خاک را نمایش می‌دهد. همانطور که در شکل ۳a-e مشخص است کالمن فیلتر حرکت بذور حین سقوط را به خوبی ردیابی کرده است. در شکل ۳f ردیاب کالمن فیلتر حتی زمانی که بذور از تصویر خارج می‌شود مسیر حرکت آن را پیش‌بینی می‌کند. این مساله در بررسی یکنواختی بذورکار و تعیین فاصله میان بذور بسیار سودمند . در پژوهشی که توسط Alchanatis et al. (2002) به منظور بررسی یکنواختی کاشت با استفاده از حسگرهای نوری صورت گرفت مشخص گردید که مشکل این حسگرها این است اگر جسم خارجی و یا گرد و خاک غلیظ از میان مسیر نور عبور کنند، در شناسایی آنها اختلال ایجاد می‌شود. با توجه به اینکه حالت‌های مختلفی از حرکت در بذور



شکل ۴. نتیجه ردیابی بذور با حرکت‌های مختلف

جدول ۲. رفتار بذور تحت شرایط مورد بررسی برای دو بذور خیار و سورگوم (%)

سورگوم			خیار			رفتار بذور			
سرعت ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت			سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت			سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت			
مکش ۲۵	مکش ۳۵	مکش ۴۵	مکش ۲۵	مکش ۳۵	مکش ۴۵	مکش ۲۵	مکش ۳۵	مکش ۴۵	
۳/۳	۱/۴	۴/۵	۲/۵	۴/۷	۲/۳	۳/۴	۱۱/۶	۰	چپ
۶/۵	۷/۹	۵/۷	۴/۲	۷/۶	۶/۵	۱۳/۱	۱۴/۶	۰	راست
۸۵/۲	۸۶/۸	۸۰/۷	۹۱/۶	۸۶/۴	۸۹/۹	۷۱/۷	۶۵/۸	۹۶/۳	مستقیم
۵/۲	۳/۹	۷/۹	۱/۶	۱/۱	۱/۳	۱۰/۹	۷/۹	۳/۷	برخورد به دیواره راست شیاربازکن
۰	۰	۱/۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	برخورد به دیواره چپ شیاربازکن
۸۷	۷۶	۸۸	۱۲۰	۱۰۴	۱۰۱	۴۶	۴۲	۲۷	تعداد بذور در ۱۸ متر

سمت راست کمتر و درصد حرکت مستقیم بذور بیشتر. طبق بررسی‌های انجام شده بر یکنواختی کاشت بذور سورگوم (جدول ۳)، درصد میانگین کیفیت تغذیه بذور تحت سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت، به ترتیب با مکش‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ میلی‌بار برابر با ۷۶٪، ۷۹/۹٪ و ۷۷/۸٪ و این نسبت تحت سرعت ۶ تا ۸/۵ به ترتیب برابر ۳۸/۹٪، ۳۳/۱٪ و ۳۵/۶٪ بدست آمد که از مقادیر بیشتری برخوردار است. این اختلاف را می‌توان به بیشتر بودن درصد نکاشت و رفتارهای نامنظم‌تر بذور (برخودار به دیواره شیار بازکن) در سرعت‌های تحت ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت نسبت داد.

طبق اطلاعات جداول (۲ و ۳) تعداد بذور رها شده در سرعت محدوده ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت برای هر دو بذور کمتر از سرعت محدوده ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت که دلیل آن نبودن فرصت کافی برای مکش بذور و حمل آن به وسیله‌ی صفحه تقسیم بذور در سرعت‌های بالا (Singh et al., 2005). برای بذور سورگوم در تمامی تیمارها درصد بذور منحرف شده به سمت راست بیشتر از درصد انحراف به سمت چپ. همچنین درصد برخورد به دیواره سمت راست بیشتر از دیواره سمت چپ است. در محدوده سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت نسبت به محدوده ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت تعداد بر خورد به دیواره

جدول ۳. یکنواختی فاصله بذور با استفاده از بذورکار نیوماتیکی برای دو بذور خیار و سورگوم (%)

فاکتور	سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت						سرعت ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت					
	مکش ۲۵		مکش ۳۵		مکش ۴۵		مکش ۲۵		مکش ۳۵		مکش ۴۵	
	خیار	سورگوم	خیار	سورگوم	خیار	سورگوم	خیار	سورگوم	خیار	سورگوم	خیار	سورگوم
چندگانه	۱۷/۷	۱۶	۱۵/۴	۱۱/۳۲	۱۸/۶	۳۲	۰	۳	۳/۹	۰	۸/۸	۰
کیفیت تغذیه	۷۶	۸۱	۷۹/۹	۸۷	۷۷/۸	۶۳	۳۸/۹	۶۳	۳۳/۱	۷۷	۳۵/۶	۷۲
نکاشت	۱۶/۲	۳	۰	۲/۶	۳/۶	۰	۶۰/۵	۳۴	۶۶/۹	۱۹/۱	۶۴/۴	۱۹

سرعت بالای چرخش دیسک و عدم کافی بودن مکش که باعث می‌شود صفحه تقسیم بذور فرصت کافی برای جذب بذور را نداشته، بنابراین نکاشت افزایش یابد (Zulin et al., 1991; Panning et al., 2000). در نهایت مشخص گردید که با افزایش سرعت پیشروی و مکش نامناسب درصد انحراف بذور از مسیر مستقیم بیشتر شده که این مساله سبب کاهش یکنواختی کاشت می‌گردد. در نتیجه با تعیین مسیر حرکت بذور می‌توان عملکرد بذورکار را تعیین نمود.

نتیجه‌گیری

بالا رفتن سطح زندگی و تمایل به مصرف بیشتر نیاز به افزایش مواد غذایی را تشدید نموده است. در این راستا کاربرد ماشین‌های کاشت بر افزایش عملکرد در تولید محصولات کشاورزی و کاهش مصرف نهاده‌های مصرفی مانند کود و بذور، تأثیرگذار بوده است. متعاقباً ارزیابی عملکرد این دستگاه‌ها از اهمیت به سزایی برخوردار است. از این رو یکنواختی کاشت برای دو نوع بذور خیار و سورگوم با استفاده از کارنده نیوماتیکی مکشی یونیسیم در سه سطح فشار ۲۵، ۳۵ و ۴۵ میلی‌بار و دو سطح سرعت پیشروی ۳ تا ۴/۵ و ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت مورد ارزیابی قرار گرفت. در این پژوهش مسیر حرکت بذور با استفاده از روش کالمن فیلتر استخراج و ۵ مسیر مشخص برای سرعت‌ها و فشارهای مختلف به دست آمد. مطابق نتایج به دست آمده مشخص شده

برای بذور خیار درصد بذور با حرکت مستقیم در محدوده سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت نسبت به محدوده ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت بیشتر بوده به جز در تیمار مکش ۲۵ میلی‌بار و سرعت ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت که درصد حرکت مستقیم برابر ۹۶/۳٪ بدست آمد. در تیمار مذکور تعداد بذور ۲۷ عدد که ۹۶٪ این بذور برابر ۲۵ عدد است و از تیمار مکش ۳۵ میلی‌بار و سرعت ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت کمتر. بطوریکه برای آن ۶۵٪ از ۴۲ بذور برابر ۲۷ عدد است. برای دو رفتار انحراف به چپ و راست (جدول ۲) در تیمارهای تحت سرعت محدوده ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت، درصد انحراف به چپ بیشتر از انحراف به راست است و در تیمارهای تحت سرعت ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت بالعکس. بذوری مثل خیار که دارای شکل متقارن، کشیده با جرم اندک هستند در هنگام سقوط رفتاری غیرقابل پیش بینی مشاهده می‌شود (شکل ۳). با توجه به جدول (۳) میانگین کیفیت تغذیه برای بذور خیار در سه تیمار تحت سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت و در مکش‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ میلی‌بار به ترتیب برابر با ۸۱٪، ۸۷٪ و ۶۳٪ بدست آمد که دلیل کاهش در مکش ۴۵ میلی‌بار، افزایش میزان کاشت چندتایی بذور در این تیمار است. اما در تیمارهای تحت سرعت ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت در مکش ۲۵ میلی‌بار میانگین کیفیت تغذیه ۶۳٪ بوده که نسبت به دو تیمار دیگر با میانگین کیفیت تغذیه ۷۷٪ و ۷۲٪ از مقدار کمتری برخوردار است. دلیل این امر

سپاسگزاری

دینوسیه نویسندگان از حمایت مالی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان قدردانی می‌نمایند.

که ارتباط مستقیمی میان شاخص‌های ارزیابی بذرکار و مسیر حرکت بذر وجود دارد. در نتیجه با بررسی مسیر حرکت بذر می‌توان ارزیابی مناسبی از نحوه عملکرد بذرکار داشت.

REFERENCES

- Abdi, R., Ghasemzade, H., Ranjbar, A. and Ajabshirchi, Y. (2006). Design, simulation and evaluation of Seed position sensor with Ability to recognize Front- to- Back Location of seed rather than planter among precision planters. *Fourth National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization of Iran, 17 to 18 th Shahrivar*, Tabriz University. 745-756.
- Afify, M., El-Haddad, Z., Hassan, G. and Shaaban, Y. (2009). Mathematical model for predicting vacuum pressure of onion seeds precision seeder. *Journal of Agricultural Engineering*, 26(4), 1776 – 1799.
- Akhil, V. & Anoop, J. (2014). An Integrated System for Tracking and Recognition using Kalman Filter. *International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)*. 1065-1069.
- Alchanatis, V., Kashti, Y. and Brikman, R. (2002). A machine vision for evaluation of planter seed spatial distribution. *CIGR Journal*, 4, 11–20.
- Bracy, R., Parish, R. and McCoy, J. (1998). Precision seeder uniformity varies with theoretical spacing. *American Society of Agricultural and Engineers*. 981095.
- Chien, S. Y., Ma, S. Y., and Chen, L. G. (2002). Efficient moving object segmentation algorithm using background registration technique. *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, 12(7), 577-586.
- Hague, T., Marchant, J. A., and Tillett, N. D. (2000). Ground based sensing systems for autonomous agricultural vehicles. *Computers and Electronics in Agriculture*, 25(1), 11-28.
- Hajahmed, O., Tola, E., Kheiralla, A.F. and Algaadi, K. (2012). On-the- assessment of seed metering unit performance using an opto-electronic sensor. *Annual Conference of postgraduate studies and scientific research, 17-20 February*. 10-17 friendship. Hall, Khartoum.
- Hemmat, A. and Asadi-Khoshoee, A. (2002). Performance evaluation of cotton planting machine. *Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 6(2), 187-199.
- Jang, D. S., Jang, S. W., and Choi, H. I. (2002). 2D human body tracking with structural Kalman filter. *Pattern Recognition*, 35(10), 2041-2049.
- Karayel, D., Barut, Z. B. and Ozmerzi, A. (2004). Mathematical modeling of vacuum pressure on a precision seeder. *Biosystem Engineering*, 87(4), 437-444.
- Karayel, D., Wiesehoff, M., Ozmerzi, A. and Muller, J. (2006). Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50, 89–96.
- Kazemi, N., Almasi, M., Bahrami, H., Shaykh Davoodi, M. J. and Mesgarbashi, M. (2014). Efficacy analysis of management major factors affecting on overall energy efficiency of tractor implement by real-time performance monitoring. *The 8 th National Congress on Agriculture Machinery Engineering (Biosystem) and Mechanization*.
- Kim, C., and Hwang, J. N. (2002). Fast and automatic video object segmentation and tracking for content-based applications. *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, 12(2):122-129.
- Navid, H., Ebrahimian, S., Gassezadeh, H.R., Mousavinia, M.J. (2011). Laboratory evaluation of seed metering device using image processing method. *Australian Journal of Agricultural Engineering*, 2(1), 1-4
- Nguyen, H. T., and Smeulders, A. W. (2004). Fast occluded object tracking by a robust appearance filter. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 26(8), 1099-1104.
- Okutani, I., and Stephanedes, Y. J. (1984). Dynamic prediction of traffic volume through Kalman filtering theory. *Transportation Research Part B: Methodological*, 18(1), 1-11.
- Onal, I., Degirmencioglu, A. and Yazgi, A. (2012). An evaluation of seed spacing accuracy of a vacuum type precision metering unit based on theoretical considerations and experiments. *Turk Journal of Agricultural For*, 36:133-144.
- Panning, J., Kocher, M., Smith, J. and Kachman, S. (2000). Laboratory and field testing of seed spacing uniformity for sugar beet planters. *Journal of Biological Systems Engineering: Papers and Publications. Paper 152. American Society of Agricultural Engineers*, 0883-8542. 16(1), 7-13.
- Park, D. K., Yoon, H. S., and Won, C. S. (2000). Fast object tracking in digital video. *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, 46 (3), 785-790.
- Shantaiy, S., Verma, K. & Mehta, K. (2015). Multiple Object Tracking using Kalman Filter and Optical Flow. *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, 2(2), 34-39.
- Singh, R.C.; G. Singh.; and D.C. Saraswat. (2005). Optimisation of design and operational parameters of a pneumatic seed metering device

- for planting cottonseeds. *Biosystems Engineering*. 92 (4), 429–438.
- Weng, S. K., Kuo, C. M., and Tu, S. K. (2006). Video object tracking using adaptive Kalman filter. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 17(6), 1190-1208.
- Wu, Y., and Huang, T. S. (2001). A co-inference approach to robust visual tracking. In *Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on* (Vol. 2, pp. 26-33). IEEE.
- Xiaoyan, D., Xu, L., Caixia, Sh., Haidong, H. and Qingxi L. (2010). Mathematical model and optimization of structure and operating parameters of pneumatic precision metering device for rapeseed. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 8(3&4), 318 -322.
- Yoon, Y. & Chun, J. (2015). Tracking Model for Abnormal Behavior from Multiple Network CCTV Using the Kalman Filter. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 933-939.
- Zhao, T., and Nevatia, R. (2004). Tracking multiple humans in complex situations. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 26(9), 1208-1221.
- Zulin Z., Upadhyay, S K., Safii, S., and Garret, R E. (1991). A hydropneumatic seeder for primed seeds. *Transactions of the ASAE*, 34(1), 21–26