بررسی اثر عمق سخت‌لایه بر احتمال روز کاری در عملیات برداشت برنج با استفاده از کمباین

مهدی خانی*[۱]، سید میرحسین پیمان[۲]، نادر پیرمرادیان[۳]

۱- استادیار گروه مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه گیلان
۲- دانشیار گروه مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه گیلان
۳- دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان
*- پست الکترونیک نویسنده مسئول: mahdikhani@guilan.ac.ir

چکیده:
احتمال روز کاری (PWD) نسبت روزهای قابل انجام کار به روزهای موجود در طول فصل کاری برای عملیات مورد نظر می‌باشد. ابتدا مدلی تدوین شد که بتواند رطوبت خاک را در طول فصل برداشت برای سال‌های گذشته برآورد کرده و با مقایسه با حد تردیدپذیری، تعداد و احتمال روز کاری برای کمباین برنج را تعیین کند. با استفاده از داده‌های هواشناسی از سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶ شهر رشت، مدل در پنج حالت عمق سخت‌لایه برای شرایط شالیزار دانشگاه گیلان اجرا شد. با استفاده از آزمون t تفاوت میانگین احتمال روزکاری میان عمق‌های مختلف سخت‌لایه بررسی شد. با مقایسه‌ی نتایج اجرای مدل، مشاهده شد که عمق سخت‌لایه اثر چندانی روی احتمال روز کاری ندارد. بنابراین اگر امکان تغییر عمق سخت‌لایه وجود داشته باشد، عوامل دیگری مانند مقدار آب مورد نیاز آبیاری و عملکرد گیاه، اولویت بیش‌تری در تعیین عمق سخت‌لایه دارند.

کلمات کلیدی: مدل، رطوبت خاک، تردیدپذیری، امکان‌پذیری عملیات، روزهای کاری.

مقدمه:

احتمال روز کاری (PWD) نسبت روزهای قابل انجام کار به روزهای موجود در طول فصل کاری برای عملیات مورد نظر می‌باشد. مقدار PWD در برخی از مهم‌ترین روابط مورد استفاده در مکانیزاسیون کشاورزی کاربرد دارد و به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در محاسبه اندازه بهینه‌ی ماشین‌های مورد نیاز، محاسبه ظرفیت مزرعه‌ای ماشین‌های موجود و همچنین در محاسبه هزینه به‌موقع انجام نشدن عملیات به‌کار می‌رود. برای محاسبه‌ی احتمال روز کاری و یا تعداد روزهای کارپذیر، موضوع تعیین امکان‌پذیری انجام عملیات در یک بازه‌ی زمانی خاص مطرح می‌گردد. بنابراین برای هر روز و یا هر بازه‌ی زمانی، امکان انجام عملیات به‌صورت جداگانه بررسی می‌شود. در برداشت برنج، رسیدگی دانه‌های برنج، تعیین‌کننده‌ی زمان آغاز انجام عملیات می‌باشد. زمان پایان را نیز خشکی خوشه و افزایش ریزش دانه تعیین می‌کند. در این بازه، در برخی از روزها به‌خاطر نامساعد بودن شرایط، امکان برداشت وجود ندارد. با تقسیم تعداد روزهای کارپذیر بر کل روزهای بازه‌ی عملیات برداشت برنج، احتمال روز کاری برای این عملیات محاسبه می‌شود.

عامل اصلی برای تعیین امکان‌پذیری انجام عملیات برداشت برنج، رطوبت زمین است. برای انجام عملیات برداشت برنج بایستی

مکان ورود کمباین به زمین وجود داشته باشد. طبق تعریف رانسول و جونز(۱۹۹۳)، ترددپذیری عبارت است از: ظرفیت خاک برای تحمل عبور و مرور ادوات با آسیب ناچیز به ساختمان خاک و بدون اثرات منفی روی عملکرد محصول. البته در برداشت برنج، بیش‌تر حرکت باثبات کمباین برنج اهمیت دارد. برای ترددپذیری تنها حد بالا وجود دارد. یعنی برای امکان ورود کمباین یا کارگر به زمین و تکمیل عملیات به‌شکل مناسب، رطوبت خاک نباید از حدی بیش‌تر باشد. با خشک‌تر شدن هرچه بیش‌تر زمین، برداشت برنج با سهولت بیش‌تری انجام می‌شود.

به‌طور کل دو روش اصلی برای تعیین احتمال روز کاری وجود دارد. روش اول آمارگیری از شرایط واقعی است. در این روش در هر منطقه برای مدت چند سال، امکان انجام عملیات‌های مختلف به‌طور مستقیم بررسی شده و با توجه به آمار به‌دست آمده، تعداد روزهای کاری تعیین شود. این روش با وجود دقت بالا، متأسفانه انجام آن چندان عملی نیست. زیرا این کار مستلزم صرف هزینه و وقت زیادی می‌باشد و در چند سال بعد آغاز داده‌برداری می‌توان از نتایج این بررسی‌ها استفاده کرد. همچنین نتایج به‌دست آمده، فقط برای اقلیم، خاک، سیستم ماشینی و محصول خاصی که بررسی‌ها برای آن انجام شده، قابل استفاده می‌باشد. ادوارد و بوهلج (۱۹۸۰) با بررسی داده‌های آماری ۲۰ سال ایالت آیووای آمریکا را در مورد امکان‌پذیری انجام عملیات، مستقیماً تعداد و احتمال روزهای کاری را به‌دست آوردند.

روش دوم استفاده از مدل‌های بیلان آب خاک است. در این روش، امکان‌پذیری عملیات کشاورزی در سالیان گذشته برآورد می‌شود. برای این کار، علاوه بر اطلاع از حدود کارپذیری، نیاز به دانستن رطوبت خاک در سالیان گذشته است که بتوان با مقایسه با حدود رطوبتی، از وضعیت کارپذیری (و یا ترددپذیری) خاک در طول فصل کار در سال‌های مختلف مطلع شد. در نهایت با مقایسه‌ی نتایج به‌دست آمده در سال‌های مختلف، احتمال روز کاری محاسبه می‌شود. از این روش، خانی و همکاران (۲۰۱۱)، سیمالنگا و هیو (۱۹۹۲)، کوپر و همکاران (۱۹۹۷) و عبدالسلام و همکاران (۲۰۱۷) برای عملیات خاک‌ورزی و جانو و همکاران (۲۰۱۴) برای عملیات‌های کاشت و برداشت ذرت استفاده کرده‌اند.

به‌طور کل در مورد روزهای کاری محصول برنج تحقیقی صورت نگرفته است. حساس‌ترین مرحله در زراعت برنج از نظر زمانی، عملیات برداشت می‌باشد. عدم آگاهی از فرصت در دسترس، منتهی به انجام عملیات در زمان نامناسب و زیان‌های اقتصادی قابل توجهی می‌شود. بنابراین تصمیم گرفته شد مدلی تدوین شود تا بتوان احتمال روز کاری را برای عملیات برنج با استفاده از کمباین برنج تعیین کرد. یکی مشخصه‌های زمین‌های شالیزاری وجود سخت‌لایه است. سخت‌لایه نقش زیادی در محدود کردن گسترش ریشه، میزان مصرف آب و عملکرد محصول دارد. در این پژوهش، اثر عمق سخت‌لایه بر احتمال روز کاری بررسی می‌گردد. از این طریق یکی دیگر از جنبه‌های سخت‌لایه در سود اقتصادی کشت برنج معرفی می‌شود.

مواد و روش‌ها:

عواملی که می‌توانند در برداشت برنج محدودیت ایجاد کنند عبارتند از: رطوبت خاک و رطوبت خوشه. با توجه گسترش کمباین‌های ترکوب که می‌توانند در رطوبت‌های بالای خوشه نیز عملیات برداشت را انجام دهند، امکان‌پذیری عملیات برداشت برنج تنها با توجه به رطوبت خاک و ترددپذیری کمباین برنج بررسی می‌شود.

با توجه به مشکلات روش اول تعیین احتمال روز کاری (آمارگیری از شرایط واقعی)، تصمیم گرفته شد با روش دوم، این پارامتر محاسبه شود. یعنی با تدوین یک مدل بیلان آب خاک، رطوبت خاک و امکان انجام عملیات در هر روز و به‌دنبال آن، تعداد روزهای کاری در یک فصل کار تعیین شود.

براساس قانون بقای جرم، مقدار آب ورودی به پروفیل خاک با جمع جبری میزان آب خروجی و مقدار ذخیره شده برابر است. بدین صورت که با داشتن رطوبت اولیه‌ی خاک در کل پروفیل خاک و با استفاده از داده‌های هواشناسی و خصوصیات خاک، ورودی و خروجی رطوبت به پروفیل خاک را محاسبه کرده و با جمع زدن با رطوبت اولیه، رطوبت جدیدی به خاک نسبت داده می‌شود. این چرخه مکرراً ادامه پیدا می‌کند و رطوبت خاک در هر روز مشخص می‌گردد. معادله‌ی ۱، ساختار کلی مدل را نشان می‌دهد.

$$\theta_{i+1}= \theta_i + P_i - D_i - R_i - ET_i$$ معادله (۱)

در این معادله، θ_i رطوبت در ابتدای گام زمانی مورد نظر، P_i، بارندگی (یا آبیاری)، D_i، زهکشی عمقی، R_i، رواناب و ET_i، تبخیر و تعرق در گام زمانی مورد نظر می‌باشد. θ_{i+1} نیز مقدار آب خاک در انتهای گام زمانی کنونی یا ابتدای گام زمانی بعدی می‌باشد. یکای تمامی این پارامترها برحسب میلی‌متر است.

برای محاسبه‌ی تبخیر و تعرق، ابتدا با استفاده از معادله‌ی پنمن–مانتیث (مانتیث ، ۱۹۶۵)، مقدار این پارامتر برای گیاه مرجع (چمن یا یونجه) در شرایط استاندارد به‌دست می‌آید. برای تبدیل به تبخیر–تعرق پتانسیل دیگر گیاهان باید در ضریب گیاهی (K_c) محصول مورد نظر ضرب کرد. البته دوره‌ی رشد گیاه نیز در ضریب گیاهی مؤثر است. با توجه به این که در زمان برداشت برنج، این گیاه در مراحل انتهایی رشد خود قرار دارد، برای تبدیل تبخیر و تعرق مرجع (ET_0) به تبخیر–تعرق پتانسیل (ET_p) از مقدار این ضریب برای مرحله‌ی انتهایی رشد گیاه برنج (۰/۶) استفاده شده است. تا زمانی که رطوبت خاک کافی باشد، عامل تعیین کننده‌ی تبخیر–تعرق، پارامترهای جوی می‌باشند. ولی پس از پایان آب سهل‌الوصول، مقدار واقعی تبخیر و تعرق کمتر از مقدار پتانسیل آن بوده خواهد بود. برای تبدیل تبخیر و تعرق پتانسیل به تبخیر–تعرق واقعی نیاز به ضریب تصحیح تحت عنوان ضریب تنش (K_s) می‌باشد.

برای محاسبه‌ی رواناب از روش شماره منحنی (CN) که توسط اداره‌ی حفاظت خاک آمریکا (SCS، ۱۹۷۲) تدوین شده استفاده شده است.

زمانی که رطوبت خاک در لایه‌ی سطحی بیش از ظرفیت مزرعه گردد، انتقال رطوبت به لایه‌های زیرین خاک بر اثر نفوذ عمقی رخ می‌دهد. مقدار نفوذ عمقی بر اساس تحقیق رضوی‌پور و همکاران (۱۳۸۴)، به‌دست می‌آید.

با داشتن رطوبت خاک در یک روز و جمع ورودی‌ها و خروجی‌های رطوبت به خاک، می‌توان رطوبت خاک در روز بعدی را به‌دست آورد. این روند از ابتدای زمان شبیه‌سازی تا انتهای آن ادامه می‌یابد و رطوبت خاک در تمام روزهای دوره‌ی مورد بررسی محاسبه می‌شود. حد تردیدپذیری برابر با رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه در نظر گرفته شده است. در صورتی که رطوبت خاک از حد تردیدپذیری کمتر باشد، آن روز به‌عنوان یک روز کارپذیر تلقی می‌شود، در غیر این صورت، امکان انجام عملیات وجود ندارد. با جمع روزهای کارپذیر و تقسیم آن بر کل تعداد روزهای دوره‌ی شبیه‌سازی، احتمال روز کاری تعیین می‌شود. این مدل با استفاده از محیط VBA (بخش برنامه‌نویسی نرم‌افزار MS-Excel)، کدنویسی شد.

تعداد روزهای کاری برای مزرعه‌ی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه گیلان محاسبه شد. برای این کار ابتدا داده‌های هواشناسی ۱۰ سال اخیر نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی اخذ شد و سپس با استفاده از مشخصات خاک، رطوبت خاک در این ۱۰ سال برای دوره‌ی

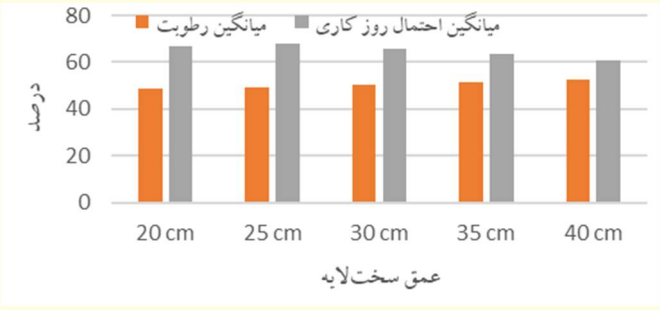
کشت برآورد شد. بافت خاک مزرعه از نوع رسی (۵۷/۲ درصد رس، ۳۰/۲ درصد سیلت و ۱۲/۶ درصد شن) بود و جرم مخصوص ظاهری نیز ۱/۱۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد.

عمق سخت‌لایه در مزارع دانشگاه گیلان در حدود ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. بنابراین عمق گسترش ریشه و لایه‌ی خاک مورد بررسی نیز به همین عمق نسبت داده شد. محل سخت‌لایه در زیر بیش‌ترین عمق شخم در سال‌های گذشته قرار دارد. زیرا خاک سطحی در هر سال مورد خاک‌ورزی قرار گرفته و چگالی بالایی نمی‌تواند داشته باشد. ولی کف خیش در طی سال‌ها خاک زیرین را فشرده می‌سازد و باعث تشکیل سخت‌لایه می‌شود. در این تحقیق، این مقدار بر اساس نظر کارشناسان مزرعه تعیین شد. همانند کوپر و همکاران (۱۹۹۷)، حدد ترددپذیری در این مطالعه نیز برابر با رطوبت در ظرفیت مزرعه در نظر گرفته شد. البته در این تحقیق، هدف بررسی چگونگی اثرگذاری عمق سخت‌لایه بر زمان در دسترس برای عملیات برداشت برنج می‌باشد و تعیین دقیق احتمال روز کاری مد نظر نمی‌باشد. بنابراین تعیین تقریبی پارامترهای ورودی مدل از قبیل عمق سخت‌لایه و حد ترددپذیری، برای دستیابی به این هدف کفایت می‌کند. در مزرعه‌ی مورد بررسی، حدود یک ماه قبل از برداشت، با یک آبیاری سنگین رطوبت خاک تقریباً به حد اشباع می‌رسید. زمان برداشت در روز سوم شهریور بود. این روز به‌عنوان زمان بهینه‌ی برداشت در نظر گرفته شد. یک هفته قبل از این زمان تا دو هفته بعد از آن، به‌عنوان دوره‌ی برداشت برنج (۲۸ مرداد تا ۱۸ شهریور) در نظر گرفته شد. در روز پنجم مردادماه، یک داده‌برداری رطوبت در مزرعه انجام شد تا در نقطه‌ی شروع شبیه‌سازی، مقدار رطوبت اولیه مشخص شود. سپس مدل با استفاده از داده‌های هواشناسی از سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶ اجرا شد و تعداد روزهای کاری در هر سال تعیین شد.

برای بررسی اثر محل سخت‌لایه بر زمان در دسترس برای انجام عملیات برداشت برنج، اعماق مختلفی (۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ سانتی‌متری) برای آن در نظر گرفته شد. سپس برای هر حالت، مدل اجرا شد و تغییرات در رطوبت برآورد شده و احتمال روزکاری مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از آزمون t و با کمک نرم‌افزار SAS، تفاوت میانگین احتمال روزکاری میان عمق‌های مختلف سخت‌لایه بررسی شد.

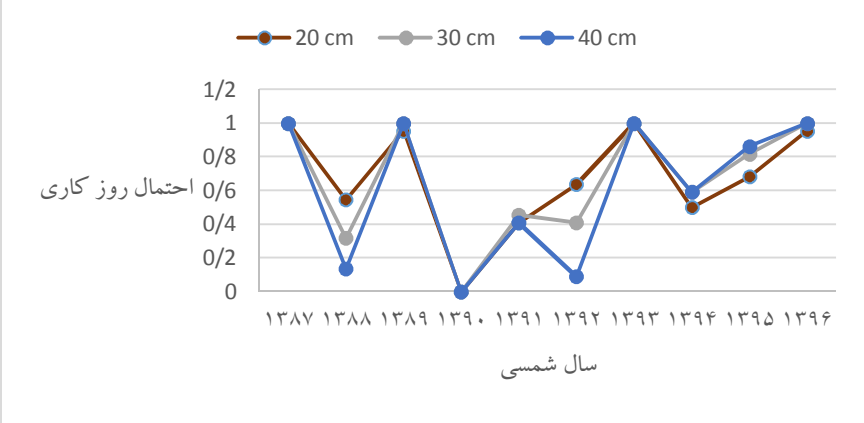
نتایج و بحث:

با اجرای مدل بر اساس اطلاعات پایه (عمق سخت‌لایه در ۳۰ سانتی‌متری)، تعداد روزهای کاری در بازه‌ی برداشت و احتمال روز کاری به‌دست آمد. میانگین این کمیت‌ها برای سال‌های مورد بررسی به‌ترتیب برابر با ۱۴/۹ روز و ۶۷/۷ درصد محاسبه شد. علاوه بر عمق اصلی سخت‌لایه، مدل برای دیگر عمق‌ها نیز اجرا شد. شکل ۱، میانگین احتمال روز کاری و میانگین رطوبت خاک در سال‌های مورد بررسی را برای عمق‌های مختلف سخت‌لایه نشان می‌دهد.



شکل ۱: میانگین احتمال روز کاری و میانگین رطوبت خاک در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶

همان‌طور که مشاهده می‌شود، تفاوت میان میانگین‌ها چندان زیاد نیست. شکل ۲ نیز احتمال روز کاری را در سال‌های مختلف برای سه عمق سخت‌لایه نشان می‌دهد.



شکل ۲: احتمال روز کاری را از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۳۹۶ برای عمق‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متری سخت‌لایه

به‌خاطر نوسان زیاد در نتایج به‌دست آمده در سال‌های مختلف برای یک حالت اجرای مدل و تفاوت کم میانگین‌های احتمال روز کاری میان عمق‌های مختلف سخت‌لایه، نتایج آزمون t معنی‌دار نشد. ولی عدم معنی‌داری آماری نمی‌تواند باعث نادیده گرفتن اثر عمق سخت‌لایه گردد. زیرا در این آزمون، تکرارها، سال‌های مورد بررسی می‌باشند که به آمار هواشناسی مشخصی مربوط می‌باشند و داده‌های به‌دست آمده تحت تأثیر عوامل نامعلوم نیستند.

همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش عمق سخت‌لایه، احتمال روز کاری کاهش یافته است. علت این است که عمق سخت‌لایه، ضخامت لایه‌ی خاک که ریشه‌ها در آن گسترش می‌یابد را تعیین می‌کند. در آخرین آبیاری، رطوبت این لایه تا نزدیکی اشباع افزایش می‌یابد. بنابراین، با افزایش عمق سخت‌لایه، حجم آب موجود در پروفیل خاک نیز بیش‌تر خواهد شد. تبخیر و تعرق مهم‌ترین عامل خشک شدن خاک و ایجاد شرایط مناسب برای ورود ماشین‌ها می‌باشد. با افزایش ضخامت لایه‌ی خاک، کاهش درصد رطوبت روند کندتری خواهد داشت و خاک دیرتر کارپذیر می‌شود. البته گاهی کاهش عمق سخت‌لایه نیز باعث از دست رفتن بیش‌تر روزهای کاری می‌گردد. زیرا وقوع باران، رطوبت لایه‌های نازک‌تر خاک را بیش‌تر افزایش می‌دهند و امکان تخطی رطوبت خاک از حد تردد‌پذیری افزایش می‌یابد.

روی‌هم‌رفته، افزایش عمق سخت‌لایه باعث کاهش احتمال روز کاری می‌گردد. با کاهش زمان موجود برای اجرای عملیات، نیاز به ظرفیت ماشینی بیش‌تر برای تکمیل عملیات برداشت می‌باشد و در نتیجه، از سود خالص مزرعه در اثر افزایش هزینه‌های ثابت ماشین‌های کشاورزی، کاسته می‌شود.

به‌نظر می‌رسد که اثرگذاری عمق سخت‌لایه روی احتمال روز کاری و هزینه‌های ماشینی در مقایسه با اثر این عامل در فاکتورهای مهمی مانند میزان آب مصرفی و گسترس ریشه، قابل توجه نباشد. بنابراین در صورت امکان تغییر عمق سخت‌لایه با استفاده از انواع عملیات خاک‌ورزی، نیاز چندانی به در نظر گرفتن تغییرات روزهای کاری عملیات ماشینی نیست.

فهرست منابع:

رضوی‌پور، ت.، یزدانی، م. ر.، و موسوی، س. ف. ۱۳۸۴. اندازه‌گیری نفوذ عمقی آب در بافت‌های مختلف خاک‌های شالیزار در فصل رشد برنج. پژوهش‌نامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر. ۳(۴): ۹-۱.

Abdulsalam, M., Isiaka, M., Dalha, I.B., and Dalhat, M.K. 2017. performance evaluation of computer-based suitable field workdays model. Bayero journal of engineering and technology. 12 (1): 52-66.

Cooper, G., M. B. McGechan, and Vinten, A. J. A., 1997. The influence of a changed climate on soil workability and available workdays in Scotland. J. agric. Engng Res. 68(3): 253-269.

Edwards, W. and Boehlje, M., 1980. Machinery selection considering timeliness losses. Transactions of the ASAE, 23 (4):810–815.

Jahun B.G. Iya, S.A. and Abubakar Y. 2014. Estimation of Suitable Field Workday of Planting and Harvesting Operations of Maize Production in Bauchi State Nigeria. European Journal of Food Science and Technology. 2(1): 8-18.

Khani.M., Keyhani.A., Parsinejad.M. and Alimardani.R . (2011). Verification and Sensitivity Analysis of a Model for Determination of Probability of a Working Day for Tillage. International Agrophysics, 25, 27-35.

Monteith, J. L., 1965. Evaporation and environment. In: Proceedings of the 19th Symposium of the Society on Experimental Biology. State and Movement of Water in Living Organisms. Swansea, 1964. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 205–234.

Rounsevell, M. D. A. and Jones, R. J. A., 1993. A soil and agroclimatic model for estimating machinery workdays: the basic model and climatic sensitivity. Soil & Tillage Research, 26:179-191.

Simalenga, T. E. and Have, H., 1992. Estimation of soil tillage workdays in a semi-arid area. J. agric. Engng Res., 51: 81-89.

U.S.D.A.-SCS. Soil Conservation Service National Engineering Handbook, US Department of Agriculture, 1972

Investigating the effect of hardpan depth on the probability of a working day in rice harvesting operation by use of combine harvester

Mahdi Khani*[1], Seyyed Hossein Payman[2], Nader Pirmoradian[3]
1,2- Department of Agricultural Mechanization, Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rash, Iran.
3-Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rash, Iran.
*Corresponding author email: mahdikhani@guilan.ac.ir

Abstract:
Probability of a working day (PWD) is the fraction of workable days to all available days in the work season for a considered operation. A model was developed to estimate the soil moisture during the harvesting season in the previous years and compare it to the trafficability limit, to determine the number and the probability of working day for combine harvester. Using meteorological data of Rasht from 2008 to 2016, the model was run for five depths of hardpan in the paddy field of University of Guilan. The difference among the average PWD of different hardpan depths was investigated using t-test. Comparing the results of running the model, showed that the depth of hardpan has no considerable effect on the PWD. Therefore, if there is a possibility to change the depth of the hardpan, other factors such as the required amount of water for irrigation and the crop yield, have higher priority in determining the hardpan depth.

Keywords: model, soil moisture, trafficablilty, operation possibility, work days.