تعیین احتمال روز کاری برای عملیات خاک‌ورزی در کرج (۱۳۲)

مهدی خانی[۱]، علیرضا کیهانی[۲]، مسعود پارسی نژاد[۳]، رضا علیمردانی[۴]

چکیده

احتمال روز کاری نسبت روزهای قابل انجام کار به روزهای موجود در طول فصل کاری برای عملیات مورد نظر می باشد. مهم‌ترین عامل محدود کننده برای عملیات خاک‌ورزی رطوبت زمین است. بتدا یک مدل رایانه‌ای تدوین شد که بتواند با استفاده از اطلاعات خاک و داده‌های هواشناسی روزانه، رطوبت خاک را در طول فصل شخم در سال‌های گذشته برآورد کند سپس با مقایسه رطوبت خاک با گستره کارپذیری، امکان انجام عملیات و تعداد روزهای کاری تعیین گردد. احتمال روز کاری برای عملیات خاک‌ورزی اولیه پاییزه در مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران محاسبه شد. برای این منظور پس از تعیین خصوصیات هیدرولیکی و حدود کارپذیری خاک مزرعه و کسب داده‌های هواشناسی ۲۰ سال اخیر شهرستان کرج، مدل اجرا شده و میانگین احتمال روزکاری این ۲۰ سال، برای روز، دهه، نیم‌ماه، ماه و کل فصل شخم به‌دست آمد. با استفاده از آزمون- t این اطلاعات با سطح اطمینان ۷۵٪ و ۹۰٪ نیز بیان گردید. حد بالای کارپذیری برابر حد خمیری و حد پایین کارپذیری از طریق نظریه تنش مؤثر تعیین شد. احتمال روزکاری در دو حالت برای بخش‌های مختلف مزرعه به‌دست آمد. در حالت اول فقط حد بالای کارپذیری در نظر گرفته و در حالت دوم حد پایین نیز لحاظ گردید. با توجه به اقلیم گرم و خشک منطقه، در حالت اول اعمال حدود کارپذیری، احتمال روز کاری نسبتاً بزرگی به‌دست آمد ولی در حالت دوم مقدار این کمیت، رقم پایینی بود. احتمال روزکاری در مناطق مختلف مزرعه در حالت اول بین ۵۲ تا ۸۷ درصد و در حالت دوم بین ۱۴ تا ۳۵ درصد ود. همچنین به نظر می‌رسد حد پایین کارپذیری که در کشورهای مرطوب به‌کار می‌رود برای شرایط کشور ایران مناسب نمی‌باشد. در صورت اعمال این حد تعداد روزهای کاری به‌شدت کاهش یافته و هزینه‌های ماشینی افزایش زیادی می‌یابد.

کلیدواژه: حدود کارپذیری، مدل، تبخیر، هدایت هیدرولیکی

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران
۲- دانشیار دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران
۳- استادیار دانشکده مهدسی آب و خاک، دانشگاه تهران
۴- دانشیار دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران

مقدمه

احتمال روز کاری[1] (PWD) نسبت روزهای قابل انجام کار به روزهای موجود در طول فصل کاری برای عملیات مورد نظر می باشد. مقدار PWD در برخی از مهم‌ترین روابط مورد استفاده در مکانیزاسیون کشاورزی کاربرد دارد و به عنوان یکی از عوامل مؤثر در محاسبه اندازه بهینه ماشین‌های مورد نیاز، محاسبه ظرفیت مزرعه‌ای ماشین‌های موجود و همچنین در محاسبه هزینه به موقع انجام نشدن عملیات به‌کار می‌رود.

مهم‌ترین عامل محدود کننده برای عملیات خاک‌ورزی، رطوبت خاک است. خاک‌ورزی در یک زمین بسیار مرطوب باعث افزایش تراکم و آسیب به ساختمان خاک می‌شود همچنین باعث تشکیل کلوخه‌های بزرگی نیز می‌شود. اگر رطوبت خاک خیلی پایین باشد علاوه بر افزایش مصرف انرژی، کیفیت خاک‌ورزی نیز پایین می‌آید زیرا نیروهای پیوستگی خاک بسیار زیاد گشته و تمایل ذرات خاک برای تشکیل کلوخه افزایش می‌یابد [۵].

امکان عملیات خاک‌ورزی با کارپذیری بررسی می‌شود. کارپذیری عبارت است از شرایطی که عملیات‌های کشاورزی مانند شخم و تهیه بستر قابل انجام باشد [۹]. به عبارت دیگر کارپذیری خاک نمایانگر شرایطی است که با انجام عملیات خاک‌ورزی ساختمان مطلوب و شکل سطح مناسب به‌دست آید [۷].

با توجه به این‌که عامل محدود کننده اصلی برای عملیات خاک‌ورزی رطوبت خاک می‌باشد، باید محدوده رطوبت قابل قبول برای انجام عملیات خاک‌ورزی مناسب تعیین گردد یعنی رطوبت خاک از چه حدی بیش‌تر و از چه حدی کم‌تر نباشد تا آن روز به عنوان روز مناسب برای کار شناخته شود. در نتیجه، حدود و گستره کارپذیری نقش مهمی در تعیین تعداد روزهای کاری دارد. حدود کارپذیری باید با توجه به نوع عملیات و بافت خاک تعیین گردد.

برای عملیات خاک‌ورزی، از لحاظ رطوبت خاک دو حد قابل تصور است:

الف- حد بالای کارپذیری[2] (UWL)

ب- حد پایین کارپذیری[3] (LWL)

به فاصله میان حد بالای کارپذیری و حد پایین کارپذیری که در آن امکان عملیات خاک‌ورزی وجود دارد، گستره رطوبتی مناسب برای عملیات خاک‌ورزی یا گستره کارپذیری گویند. در همین گستره کارپذیری نقطه‌ای وجود دارد که بهترین عملکرد عملیات خاک‌ورزی در آن رطوبت روی می‌دهد. به این نقطه، رطوبت بهینه خاک برای عملیات خاک‌ورزی[4] (θ_{OPT})گویند [۵].

دتورو و هانسون (۲۰۰۳) اظهار کردند که رطوبت در حد خمیری[5] (θ_{PL}) به عنوان حد بالای کارپذیری در خاک سطحی قابل اجرا می‌باشد. اما مرز مشخصی برای رطوبت در حد پایین کارپذیری (θ_{LWL}) به آن صورت که برای حد بالای کارپذیری(θ_{UWL}) وجود داشت موجود نیست. در نتیجه نمی‌توان مقدار رطوبت مشخصی را در این مرحله تعیین کرد که نتیجه خاک زی به‌طور ناگهانی تغییر کند. دکسر و یرد (۲۰۰۱) حد پایین کارپذیری را این گونه تعریف کردند: "رطوبتی که در آن مقاومت خاک دو ابر مقاومت خاک در رطوبت بهینه خاک‌ورزی گردد."

با فرض این‌که استحکام خاک در حد پایین کارپذیری دو برابر استحکام در رطوبت بهینه باشد دکستر و بیرد (۲۰۰۱) این حد را از طریق نظریه تنش مؤثر تخمین زدند. طبق این نظریه نیروی مورد نیاز برای شکست خاک با رطوبت و پتاسیل ماتریک در آن رطوبت، رابطه مستقیم دارد. در نتیجه برای تعیین حد پایین کارپذیری ، به رطوبت بهینه خاک‌ورزی نیاز است. رطوبت بهینه خاک برای عملیات خاک‌ورزی این گونه تعریف می‌شود: مقدار رطوبتی که در آن عملیات خاک‌ورزی باعث تولید بیش‌ترین تعداد خاکدانه‌های ریز می‌گردد [۵]. همچنین دکستر و بیرد(۲۰۰۱) رطوبت θ_{PL} ۰/۹ را به‌عنوان رطوبت بهینه خاک‌ورزی معرفی کردند.

برای تعیین احتمال روز کاری معمولاً از دو روش آمارگیری از شرایط واقعی و به کارگیری مدل‌های بیلان آب خاک استفاده می‌شود. در روش اول امکان انجام عملیات خاک‌ورزی به طور مستقیم در فصل کار برای هر منطقه مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به آمار به‌دست آمده در سال‌های متمادی، احتمال روز کاری تعیین می‌گردد. با توجه به تغییرات آب و هوا از سالی به سال دیگر، برای قضاوت کلی در مورد این مسئله نیاز به داده‌برداری در طی چند سال است که یک برنامه‌ریزی درازمدت را می‌طلبد. در

1. Probability of a Working Day
2. Upper Workability Limit
3. Lower Workability Limit
4. Optimum Soil Water Content for Tillage
5. Plastic Limit

ضمن، نتایج به‌دست آمده را نمی‌توان به‌راحتی به شرایط دیگر تعمیم داد و برای هر محصول، عملیات، اقلیم و خاک باید بررسی جداگانه‌ای انجام داد که در صورت امکان‌پذیر بودن بسیار پر هزینه می‌باشد.

با توجه به مشکلات روش اول، نیاز به روشی است که برای انواع عملیات‌های خاک‌ورزی، ماشین‌های خاک‌ورزی، محصولات و شرایط آب و هوایی قابل استفاده باشد. یک راه این است که امکان‌پذیری عملیات خاک‌ورزی را در سالیان گذشته حدس بزنیم. برای این کار علاوه بر اطلاع از حدود کارپذیری که در آن عملیات خاک‌ورزی ممکن است، نیاز به دانستن رطوبت خاک در سالیان گذشته است که بتوان با مقایسه با حدود رطوبتی از وضعیت کارپذیری خاک درطول فصل کار در سال‌های مختلف مطلع گردید و با مقایسه نتایج در سال‌های مختلف تحلیل خوبی از احتمال روز کاری به دست آید. برای اطلاع از وضعیت رطوبت در سال‌های گذشته می‌توان از مدل‌های بیلان آب خاک استفاده کرد.

ادواردز و بوهلجی (۱۹۸۰) داده‌های آماری ۲۰ سال ایالت آیووای آمریکا را در مورد روزهای کاری عملیات‌های کشت زی مورد بررسی قرار دادند و مستقیماً تعداد و احتمال روزهای کاری را به‌دست آوردند. برخی از این اطلاعات برای اولین بار در نسخه ۱۹۷۸ اطلاعات مدیریت ماشینی استاندارد ASAE چاپ شد که تاکنون در نسخه‌های دیگر نیز باقی مانده است [۳].

سیمالنگا و هیو (۱۹۹۲) با استفاده از داده‌های هواشناسی ۱۱ سال و یک مدل بیلان آب خاک که رطوبت خاک را به صورت روزانه تخمین می‌زد، روزهای مناسب کاری برای عملیات خاک‌ورزی در مناطق نیمه خشک موروگورو تانزانیا را پیش‌بینی کردند. میانگین تعداد روزهای کاری برای شخم و کاشت به‌ترتیب ۱۴ و ۳۴ روز بود.

کوپر و همکاران(۱۹۹۷) نیز با استفاده از مدل SOIL و داده‌های هواشناسی ۱۰ سال چهار منطقه اسکاتلند، تعداد روزهای کاری مناسب در خاک‌های لوم رسی و لوم شنی را برآورد کردند.

مواد و روش‌ها

تدوین مدل رایانه‌ای

با توجه به مشکلات روش اول برای تعیین احتمال روز کاری، تصمیم گرفته شد تا از روش دوم یعنی به‌کارگیری مدل‌ها استفاده شود. مدل‌های مختلفی برای تعیین رژیم رطوبتی خاک توسعه پیدا کرده‌اند ولی هدف آن‌ها تعیین نیاز آبی گیاه و برنامه‌ریزی آبیاری می‌باشد و بیش‌تر برای شرایط کشت و در هنگام حضور گیاه مناسب می‌باشند.

برای خاک‌ورزی شرایط رطوبتی قبل از کشت اهمیت دارد و به‌جای تبخیر و تعرق، تبخیر فقط از سطح خاک لخت صورت گرفته و رطوبت از سطح خاک کاسته می‌شود. در صورتی که در هنگام کشت، رطوبت از ناحیه گسترش ریشه نیز جذب می‌گردد. همچنین مقایسه میان رطوبت شبیه‌سازی شده و حدود رطوبتی و تعیین امکان کار در هر روز به‌عهده کاربر می‌باشد که این کار مخصوصاً وقتی که برای خاک‌ها و سال‌های مختلف انجام می‌گیرد بسیار وقت‌گیر بوده و امکان خطا افزایش می‌یابد. بنابراین نیاز به مدلی بود که بتواند رژیم رطوبتی خاک لخت را در سال‌های مختلف تخمین زده و با تعیین رطوبت خاک در لایه‌های مختلف و مقایسه آن با حدود رطوبتی، امکان کار را درهر روز تعیین کند و سپس با جمع زدن روزهای کارپذیر، تعداد و احتمال روزهای کاری را به‌دست آورد.

این مدل بیلان آب خاک با استفاده از زبان برنامه نویسی ویژوال بیسیک۶ به یک برنامه رایانه‌ای تبدیل شد و یک نرم‌افزار تخصصی برای تعیین تعداد روزهای کاری برای عملیات خاک‌ورزی می‌باشد.

طرزکار کلی مدل

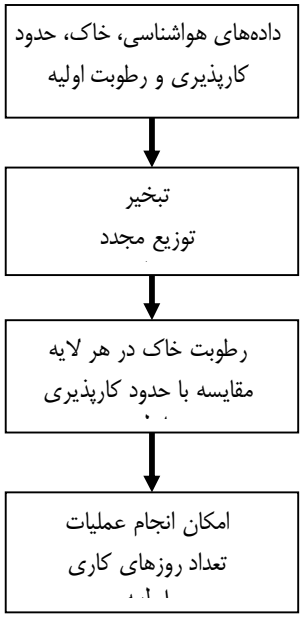
براساس قانون بقای جرم، مقدار آب ورودی به پروفیل خاک با جمع جبری مقدار خروجی و مقدار ذخیره شده برابر است. این مدل پس از تقسیم کردن خاک به لایه‌های متعدد، رطوبت خاک را در گام‌های زمانی مختلف تخمین می‌زند. بدین صورت که با داشتن رطوبت اولیه خاک و با استفاده از داده‌های هواشناسی و خصوصیات خاک، دی و خروجی رطوبت هر لایه خاک را محاسبه کرده و با جمع زدن با رطوبت اولیه، رطوبت جدیدی به هر لایه خاک نسبت می‌دهد. این چرخه همواره تکرار شده و رطوبت خاک در هر گام زمانی و در هر روز، مشخص می‌گردد.

در این مدل با توجه به داده‌های آب و هوایی و رطوبت سطح خاک، تبخیر از سطح خاک محاسبه شده و از رطوبت لایه‌های سطحی که تبخیر از آن صورت می‌گیرد کم می‌شود. انتقال رطوبت میان لایه‌های خاک با توجه به اختلاف پتانسیل کل(جمع

پتانسیل ماتریک و گرانشی) میان دو لایه و هدایت هیدرولیکی برآ رد می ود. در نتیجه، ودی و خروجی از هر لایه خاک در هر مرحله مشخص شده و با توجه به رطوبت اولیه آن لایه در ابتدای مرحله، رطوبت در انتهای آن مرحله تعیین شده و به‌عنوان رطوبت اولیه در مرحله دوم شبیه‌سازی به‌کار می‌رود.

رطوبت هر لایه در هر روز از طریق میانگین‌گیری گام‌های زمانی در ساعات کاری آن روز تعیین می‌گردد و با مقایسه رطوبت خاک با حدود کارپذیری، امکان کار در آن روز تعیین می‌شود و با جمع زدن روزهای قابل انجام کار، تعداد و احتمال روز کاری به‌دست می‌آید. در شکل زیر کلیت مدل نشان داده شده است.

اطلاعات خاک مورد نیاز مدل عبارتند از: ضرایب منحنی مشخصه خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع، رطوبت اشباع، رطوبت باقی‌مانده، رطوبت در نقاط ظرفیت مزرعه و پژمردگی دائم و رطوبت آستانه تبخیر.

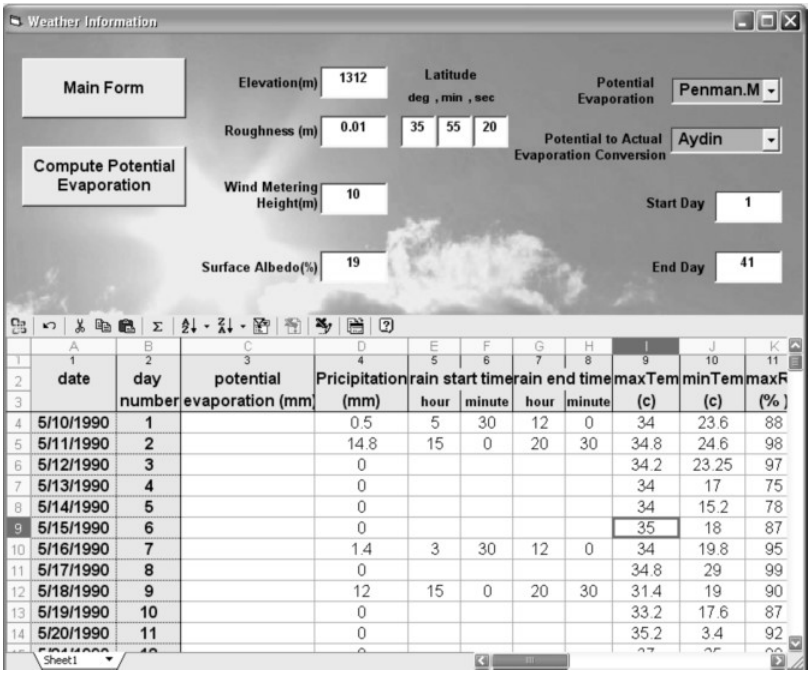


شکل۱- نمودار کلی مدل تعیین احتمال روز کاری برای عملیات خاک‌ورزی

اطلاعات هواشناسی مورد نیاز عبارتند از: بارندگی، سرعت باد، دمای هوا، رطوبت نسبی هوا و تعداد ساعات آفتابی در روز.

همچنین اطلاعات مربوط به زمین و شرایط جغرافیایی عبارتند از: ارتفاع، عرض جغرافیایی، ارتفاع ازه‌گیری باد، زبری سطح، ضریب بازتابش سطح و پوشش بقایای گیاهی.

در این مدل کلیات شبیه‌سازی مانند بازه زمانی، فاصله میان دو گره، زمان آغاز و پایان ساعات کاری روزانه در فرم اصلی تعیین می‌شود و اطلاعات آب و هوا و خاک در فرم‌های مربوطه ارد می‌شود. نتایج شبیه‌سازی به صورت روزانه، ساعتی و شبانه روزی نشان داده می‌شود. در شکل ۲ فرم مربوط به اطلاعات هواشناسی نشان داده شده است.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	date	day	potential	Pricipitation	rain start time		rain end time		maxTem	minTem	maxR
3		number	evaporation (mm)	(mm)	hour	minute	hour	minute	(c)	(c)	(%)
4	5/10/1990	1		0.5	5	30	12	0	34	23.6	88
5	5/11/1990	2		14.8	15	0	20	30	34.8	24.6	98
6	5/12/1990	3		0					34.2	23.25	97
7	5/13/1990	4		0					34	17	75
8	5/14/1990	5		0					34	15.2	78
9	5/15/1990	6		0					35	18	87
10	5/16/1990	7		1.4	3	30	12	0	34	19.8	95
11	5/17/1990	8		0					34.8	29	99
12	5/18/1990	9		12	15	0	20	30	31.4	19	90
13	5/19/1990	10		0					33.2	17.6	87
14	5/20/1990	11		0					35.2	3.4	92

شکل ۲- فرم اطلاعات آب وهوا و زمین

در این قسمت اجزاء اصلی مدل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

محاسبه تبخیر

با توجه به این‌که در این مدل، هدف تعیین رطوبت خاک در فصل خاک زی می‌باشد که در آن زمان هنوز محصولی کاشته نشده، خروج رطوبت از خاک از طریق تبخیر از خاک بدون پوشش است و به همین دلیل نیاز به رابطه‌ای است که تبخیر از خاک لخت(خاک بدون پوشش گیاه) را تخمین بزند. برای برآورد این مرحله از تبخیر، از معادله پنمن- مانتیث (برای خاک لخت) اس فاده شد[۱۳].

انتقال رطوبت

رطوبت در خاک از نقطه‌ای با پتانسیل بالاتر به نقطه‌ای با پتانیسیل پایین‌تر حرکت می‌کند و نرخ این انتقال به مقدار اختلاف پتانسیل کل(مجموع پتانیسل ماتریک و ثقلی) آن دو نقطه و هدایت هیدرولیکی مسیر حرکت رطوبت بستگی دارد.

برای تعیین پتاسیل ماتریک خاک و هدایت هیدرولیکی غیر اشباع از معادلات ون گنوختن (۱۹۸۰) استفاده شد.

بررسی امکان‌پذیری عملیات خاک‌ورزی

پس از تعیین رطوبت خاک در لایه‌های مختلف، رطوبت هر لایه با حدود رطوبتی مقایسه می‌گردد. برای این که یک روز به‌عنوان روز کاری معرفی گردد باید در تمام لایه‌ها رطوبت شبیه‌سازی شده در میان گستره رطوبتی آن لایه باشد.

برای آگاهی از جزئیات بیش‌تر مدل می‌توان به مرجع انی (۱۳۸۶) مراجعه کرد.

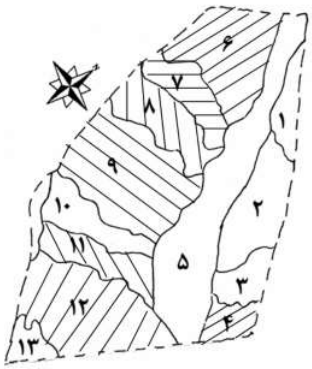
تعیین تعداد روزهای کاری مزرعه

در این مطالعه، مزرعه آموزشی- پژوهشی پردیس کش زی و منابع طبیعی دانشگاه تهران مورد بررسی قرار رفت. برای این منظور ابتدا داده‌های هواشناسی ۲۰ سال اخیر کرج از سازمان هواشناسی کل کشور اخذ شد. پس از تعیین خصوصیات هیدرولیکی و حدود کارپذیری خاک مزرعه، برنامه با اطلاعات این ۲۰ سال در مزرعه اجرا شد. در نهایت تعداد و احتمال روزهای کاری برای قسمت‌های مختلف مزرعه با اطمینان ۵۰، ۷۵ و ۹۰ درصد به‌دست آمد.

طبق گفته مسئولان مزرعه ، فصل شخم پاییزه از ۲۰ شهریور تا ۳۰ آبان است. همچنین در مزرعه مرسوم است در اوایل فصل شخم یک آبیاری سنگین برای گاورو شدن زمین، انجام دهند که اصطلاحاً هیرم کردن نام دارد. با توجه به اطلاعات به دست آمده، مقدار آب مصرفی۱۰۸ میلی‌متر محاسبه شد.

تعیین خصوصیات خاک مزرعه

برای تعیین اطلاعات پایه خاک از قبیل درصد ذرات خاک و مواد آلی به کمالی (۱۳۸۰) مراجعه شد که در آن کل مزرعه طبقه‌بندی و اطلاعات خاک آن از طریق آزمایش‌های مختلف تعیین شده بود. ایشان مزرعه را از لحاظ خاک‌شناسی به ۱۳ بخش تقسیم کرده بودند ولی فقط اطلاعات هفت بخش ذکر شده بود. در نتیجه احتمال روز کاری برای همان هفت قسمت محاسبه شد.



شکل ۳- نقشه مناطق مزرعه آموزشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی مقیاس:۱:٤۰۰۰۰ (کمالی، ۱۳۸۰)

نقشه مزرعه در شکل ۳ نشان داده شده است. شماره بخش‌هایی که روزهای کاری برای آن‌ها محاسبه شده عبارتند از: ۱۱،۹،۸،۷،۶،۴ و ۱۲. برای اطلاع از جزئیات خصوصیات خاک می‌توان به کمالی (۱۳۸۰) مراجعه کرد.

تعیین حدود کارپذیری و عمق خاک‌ورزی

با توجه به این که عمق خاک‌ورزی اولیه حدود ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر می‌باشد، حدود کارپذیری نیز به‌همین عمق(۲۵ سانتی‌متر) تعلق یافت.

حد خمیری به‌عنوان حد بالای کارپذیری و ۰/۹ حد خمیری به‌عنوان رطوبت بهینه خاک‌ورزی و حد پایین کارپذیری با استفاده معادله دکستر و بیرد(۲۰۰۱) تعیین گردید. حد خمیری از طریق معادلات انتقالی بدست آمد.

تعیین تعداد و احتمال روزهای کاری

برنامه برای هفت بخش مزرعه در ۲۰ سال اجرا شد. حدود کارپذیری در دو حالت زیر اعمال شد:

۱- فقط حد بالای کارپذیری در نظر گرفته شد.

۲- هم حد بالا و هم حد پایین کارپذیری در نظر گرفته شد.

پس از وارد کردن اطلاعات خاک و حدود کارپذیری، برنامه برای ۲۰ سال اجرا شد و تعداد و احتمال روزکاری برای این سال‌ها به‌دست آمد و برای بیان این کمیت در سطوح احتمال مختلف از آزمونt استفاده شد. در نهایت احتمال روزکاری در سطوح اطمینان مختلف برای روز، دهه، نیم‌ماه، ماه و کل فصل کار محاسبه شد.

نتایج و بحث

احتمال روزکاری مزرعه

روزهای کاری برای خاک‌ورزی اولیه پاییزه در هفت منطقه مزرعه آموزشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران محاسبه شد.

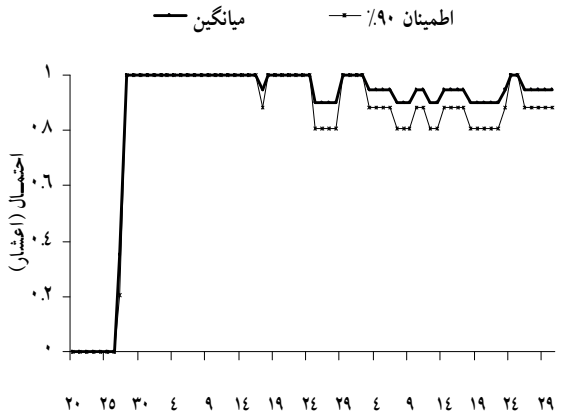
نتایج احتمال روز کاری برای مناطق مختلف مزرعه با توجه به دو حالت اعمال حدود کارپذیری طبق جدول ۱ به‌دست آمد.

جدول ۱-احتمال روز کاری(٪) در اثر هر دو حالت اعمال حدود در مناطق مختلف مزرعه

شماره منطقه	حالت اول	حالت دوم
۴	۵۲	۱۳/۹
۶	۸۶/۳	۳۲/۸
۷	۸۶/۸	۳۱
۸	۶۶/۶	۱۸/۱
۹	۸۶/۷	۲۳/۳
۱۱	۶۷/۴	۳۵/۵
۱۲	۸۶/۷	۲۲/۸

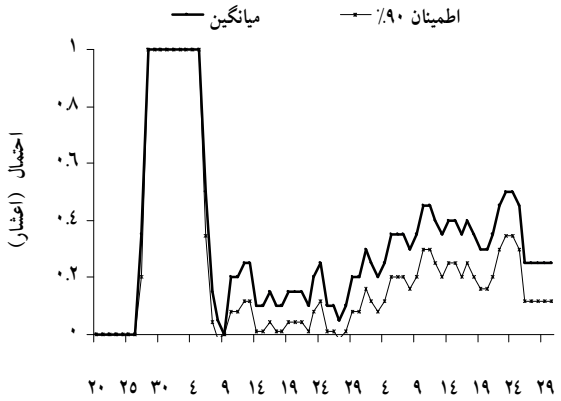
البته این اعداد با در نظر گرفتن روزهای اول فصل شخم می‌باشد که براثر هیرم کردن، زمین مرطوب بوده و امکان کار روی آن نمی‌باشد. برای اطلاع دقیق از وضعیت کارپذیری مزرعه باید به داده‌های احتمال روزکاری در برهه‌های زمانی کوتاه‌تر مانند دهه و نیم‌ماه توجه کرد.

در شکل‌های ۴ و ۵ به عنوان نمونه، نمودارهای احتمال روز کاری منطقه ۶ در حالت‌های اول و دوم اعمال حدود کارپذیری با اطمینان ۹۰٪ مشاهده می‌شود. در جدول ۲ احتمال روز کاری برای منطقه ۶ برای دهه، نیم‌ماه، ماه و کل فصل کار نشان داده شده است. برای آگاهی از نتایج احتمال روز کاری دیگر مناطق مزرعه می‌توان به خانی (۱۳۸۶) مراجعه کرد.



شکل ٤- نمودار احتمال روز کاری منطقه ٦ از ۲۰ شهریور تا ۳۰ آبان(حالت اول)

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود در ابتدای فصل شخم احتمال روز کاری صفر است علت این مسئله رطوبت بالای خاک براثر هیرم کردن است که برای خشک شدن خاک تا حد بالای کارپذیری چند روز طول می‌کشد. پس از این دوره، تقریباً در تمال سال‌های مورد بررسی، تا پایان مهرماه رطوبت خاک همواره کم‌تر از حد بالای کارپذیری بود. در برخی از سال‌ها بر اثر بارندگی، در آبان‌ماه گاهی رطوبت خاک بالا رفته و خاک غیر کارپذیر می‌گردد و این عامل باعث می‌شود احتمال روز کاری در آبان کم‌تر از مهر باشد.



شکل ۵- نمودار احتمال روز کاری منطقه ٦
از ۲۰ شهریور تا ۳۰ آبان(حالت دوم)

در شکل ۵ احتمال روز کاری با احتساب هر دو حد نشان داده شده است. در این حالت نیز هیرم کردن باعث از دست رفتن چند روز کاری در ابتدای فصل شخم می‌شود. با ادامه تبخیر، رطوبت خاک در اوایل مهر بین هر دو حد قرار گرفته و خاک کارپذیر می‌گردد. با خشک شدن بیش‌تر خاک، رطوبت خاک به زیر حد پایین کارپذیری می‌رود و در اکثرسال‌ها در اواسط و اوایل مهرماه روزهای کمی کارپذیرند و با افزایش بارندگی در آبان، امکان قرار گرفتن رطوبت خاک میان گستره کارپذیری افزایش می ابد.

جدول ۲- احتمال روز کاری(٪) برای منطقه شماره ٦

بازه زمانی	با احتساب حد بالای کارپذیری سطح اطمینان ٪۵۰	٪۷۵	٪۹۰	با احتساب حد بالا و پایین کارپذیری سطح اطمینان ٪۵۰	٪۷۵	٪۹۰
دهه اول مهر	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۹	۵۷	۵۶
دهه دوم مهر	۱۰۰	۹۹	۹۹	۱۶	۱۲	۹
دهه سوم مهر	۹۶	۹۴	۹۲	۱۵	۱۰	۶
دهه اول آبان	۹۵	۹۲	۸۹	۳۲	۲۶	۲۲
دهه دوم آبان	۹۳	۹۰	۸۸	۳۷	۳۱	۲۵
دهه سوم آبان	۹۵	۹۲	۹۰	۳۵	۳۰	۲۴
نیمه اول مهر	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۴۵	۴۳	۴۱
نیمه دوم مهر	۹۷	۹۶	۹۵	۱۴	۱۰	۶
نیمه اول آبان	۹۴	۹۱	۸۹	۳۴	۲۹	۲۵
نیمه دوم آبان	۹۴	۹۱	۸۸	۳۵	۲۹	۲۴
مهر	۹۹	۹۸	۹۷	۳۰	۲۷	۲۵
آبان	۹۴	۹۲	۹۰	۳۵	۳۰	۲۶
کل فصل کار	۸۶	۸۵	۸۵	۳۳	۳۰	۲۸

حد بالای کارپذیری: ۲۳/۹٪ ، حد پایین کارپذیری: ۱۵/۴٪

همان‌طور که در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود وقتی که فقط حد بالای کارپذیری به عنوان عامل محدود کننده خاک‌ورزی در نظر گرفته می‌شود احتمال روز کاری برای کل فصل کار(از ۲۰ شهریور تا ۳۰ آبان) در منطقه شماره ۶، ۸۶٪ به‌دست

می‌آید که عدد نسبتاً ی می‌باشد. به نظر می‌رسد دلیل این مسئله آب و هوای گرم و خشک کشور باشد که به‌خاطر بارندگی کم و قدرت تبخیری بالای جو در طول فصل خاک‌ورزی، رطوبت اک به‌ندرت بالاتر از حد بالای کارپذیری می‌رود. در نتیجه می‌توان حد بالای کارپذیری را کمی پایین‌تر در نظر گرفت و بیش‌تر عملیات‌های خاک‌ورزی را در نزدیکی رطوبت بهینه انجام داد ما همین مسئله باعث می‌شود که رطوبت به‌سرعت به زیر حد پایین کارپذیری نیز نزول کند و در صورت در نظر گرفتن حد پایین کارپذیری به عنوان عامل محدود کننده کار، احتمال روز کاری مقدار خیلی کمی(۳۳٪) خواهد بود.

در کشورهای با اقلیم خشک مانند ایران در صورت اعمال حد پایین کارپذیری که در کشورهای مرطوب لحاظ می‌گردد، تعداد روزهای کاری کمی در اختیار خواهد بود و برای انجام عملیات در زمان مقرر، به ظرفیت ماشینی بالایی نیاز خواهد بود که مستلزم صرف هزینه‌های هنگفتی برای تهیه ماشین و منابع توان با این ظرفیت کاری می‌باشد تا آنجا که سود خالص سیستم زراعی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

در شرایطی که اعمال حدودی خاص باعث افزایش بیش از حد برخی هزینه‌ها می‌گردد چاره‌ای جز تعدیل حدود نمی‌ماند. تغییر در برآوردهای اولیه حدود کارپذیری کار غیر معمولی نیست. به‌عنوان مثال کوپر و همکاران(۱۹۹۷) که در ابتدا رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه را به‌عنوان حد بالای کارپذیری معرفی کرده بودند مشاهده کردند در برخی مناطق اسکاتلند که رطوبت خاک در فصل کار بسیار بالاست در صورت اعمال این حد، تعداد کمی روز کاری در اختیار خواهند داشت. در نتیجه در این مناطق با اعمال ضرایب ۱/۰۵ و ۱/۱، حد کارپذیری اولیه را تعدیل کرده و تعداد روزهای کاری را افزایش دادند.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه‌های این طرح از اعتبارات معاونت پژوهش و فناوری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تأمین ردید که بدین وسیله سپاسگزاری می‌نماید همچنین از زحمات ارزشمند آقای محمد فتحی و آقای بهزاد غنبریان کمال تشکر را می‌نماییم.

فهرست منابع

۲. خانی، م. ۱۳۸۶. تعیین احتمال روز کاری برای عملیات خاک‌روزی در شهرستان کرج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

۱. کمالی، م. ۱۳۸۰. بررسی تناسب اراضی مزارع آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی کرج برای محصولات زراعی فاریاب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

3. Anonymous. ASAE standards. 2006. American Society of Agricultural Engineers, D497.5.
4. Cooper, G., M. B. McGechan, & A. J. A. Vinten. 1997. The influence of a changed climate on soil workability and available workdays in Scotland. Journal of Agricultural. Engineering. Research. 68(3): 253-269.
5. Dexter, A. R. & N. R. A. Bird. 2001. Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. Soil and Tillage Research. 57: 203–212.
6. Edwards, W. & M. Boehlje. 1980. Machinery selection considering timeliness losses. Transactions of the ASAE, 23 (4): 810–815.
7. Hoogmoed, W. B., M. Cadena-Zapata & U. D. Perdok. 2003. Laboratory assessment of the workable range of soils in the tropical zone of Veracruz, Mexico. Soil and Tillage Research. 74: 169–178.
8. 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.
9. Rounsevell, M. D. A. & R. J. A. Jones. 1993. A soil and agroclimatic model for estimating machinery workdays: the basic model and climatic sensitivity. Soil and Tillage Research. 26:179-191.

10. Simalenga, T. E. & H. Have. 1992. Estimation of soil tillage workdays in a semi-arid area. Journal of Agricultural Engineering Research. 51: 81-89.
11. De Toro, A. & P. A. Hansson. 2004. Analysis of field machinery performance based on daily soil workability status using discrete event simulation or on average workday probability. Agricultural Systems. 79: 109–129.
12. Van Genuchten, M. Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal. 44: 892-898.

Determination of Probability of a Working Day for Tillage Operation in Karaj

Mahdi Khani, Alireza Keyhani, Masoud Parsinejad, Reza Alimardani

Abstract

Probability of a Working Day (PWD) is defined as the fraction of workable days to all available days in a working season. The most restrictive factor for tillage operation is the soil moisture. In this study, a computer model was developed to estimate the soil moisture at tillage season by using meteorological data from previous years and soil characteristics data. Probability of a working day was computed for fall primary tillage operations in the field of University College of Agriculture and Natural Resources of University of Tehran located in Karaj. After determining soil hydraulic characteristics and workability limits and providing the meteorological data for the past 20 years of Karaj, the model was run and average probabilities of working days was determined for day, ten day period, half month, month and the whole tillage season. Then, by use of *t* test this information was expressed in 75% and 90% confidence level. Tillage work depth was assumed to be 25 cm and workability limits was assigned to this depth. Higher workability limit was determined to be equal to the plastic limit and lower workability limit was attained using the effective stress theory. Probability of working days was determined for various parts of the field by two methods. In the first method the higher workability limit was considered only and in the second method, lower workability limit was considered as well. With regard to warm and dry climate of the region, by applying the first method, relatively high PWDs' were resulted while the second method gave lower values. In various parts of the field PWDs were found to be between 52% and 87% using the first method where the corresponding values for the second method were between 14% and 35%, respectively. it seems that the lower workability limit that is usually used in humid countries is not suitable for arid or semi-arid regions. By using this limit, numbers of working days reduces considerably and machinery costs increase accordingly.

Keywords: Workability limits, Model, Evaporation, Hydraulic conductivity