عملکرد کششی در تراکتور

محمدباقر لک، mbagherlak@agrimechanization.com

مقدمه

عملکرد کششی تراکتور اساساً به توان موتور، توزیع وزن بر روی چرخ های محرک، نوع اتصال و سطح خاک بستگی دارد. حداکثر بازده کششی، TE، با تسویه کردن[i] چرخ محرک، S، و مقاومت غلتشی[ii]، MR، بهینه سازی می شود. شکل ۱. نسبت های توان نوعی را برای تراکتور های کشاورزی نمایش می دهد. زمانیکه برای سرعت حرکت مطلوب بطور صحیحی بالاست شده باشد؛ بازدهٔ کششی را می توان با نسبت بین توان PTO و توان مالبندی تقریب زد. چهار شرایط سطحی و چهار نوع تراکتور متغیر ها را تشکیل می دهند. اندازهٔ تایر محرکبه اندازهٔ کافی بزرگ است تا با دینامیکی خواسته شده را حمل نماید.

۲-۳ معادلات عملکرد تک چرخ برای تایر های پنوماتیک برای مشخصات طراحی، پیش بینی عملکرد وسیلهٔ نقلیه و شبیه سازی کامپیوتری بهره وری وسیلهٔ نقلیه مفید می باشد. روابط زیر برای تایر های BIAS-PLY در اغلب دستگاه های محرک[iii] کشاورزی، زمین گرد[iv] و جنگلبانی کاربرد دارد. معادلات زیر محدود به تایر هایی است که نسبت b/d تایر بین ۰.۱ تا ۰.۷ است. انحرافهای تایر رادیال ایستایی[v] از ۱۰٪ تا ۳۰٪ از ارتفاع قسمت تایر غیر منحرف[vi] مرتب می شود و مقادیر W/bd بین ۱۵ تا ۵۵ (KN/m^2) مرتب می شود.

۱-۲-۳ مقاومت غلتشی، MR، (بطوریکه در ASAE S296 تعریف شد) برابر است با اختلاف بین کشش ناخالص، GT و کشش خالص، NT

$$MR = GT - NT = W\left(\frac{1}{B_n} + 0.04 + \frac{0.5s}{\sqrt{B_n}}\right)$$

بطوریکه:

Bn: نسبت بدون بعد

W: بار دینامیکی در واحدهای نیروی متوسطبر سطح خاک، KN (lbf)

CI: شاخص مخروطی خاک (ASAE S313 را مشاهده نمایید)، KPa (lbf/in.^2)

b: پهنای بخش بدون بار تایر، m (in.)

d: قطر کل تایر بدون بار، m (in.)

h: ارتفاع بخش تایر، m (in.)

∂: انحراف تایر، m (in.)

s: لغزش (ASAE S296 را مشاهده نمایید)، اعشاری

۱-۱-۲-۳ مقادیر CI و Bn برای تایر های محرک کشاورزی(W/bd ≅۳۰ KN/m^2) در سطح خاک متداول چنین است:

www.agrimechanization.com

خاک	CI(Kpa)	Bn
سخت	1800	80
پایدار	1200	55
خاکورزی شده	900	40
نرم، شن	450	20

این مقادیر در خاکهایی کاربرد دارند که زیاد تراکم پذیر نیستند.

۲-۱-۲-۳ نسبت مقاومت غلتشی، ρ، نسبت مقاومت غلتشی است به بار دینامیکی چرخ:

$$\rho=\frac{MR}{W}=\frac{1}{B_n}+0.04+\frac{0.5\ s}{\sqrt{B_n}}$$

۲-۲-۳ کشش خالص، NT (که در ASAE S296 تعریف شد):

$$NT=W\left(0.88(1-e^{-0.1B_n})(1-e^{-7.5\ s})-\frac{1}{B_n}-\frac{0.5\ s}{\sqrt{B_n}}\right)$$

بطوریکه:

e: مبنای لگاریتم طبیعی است

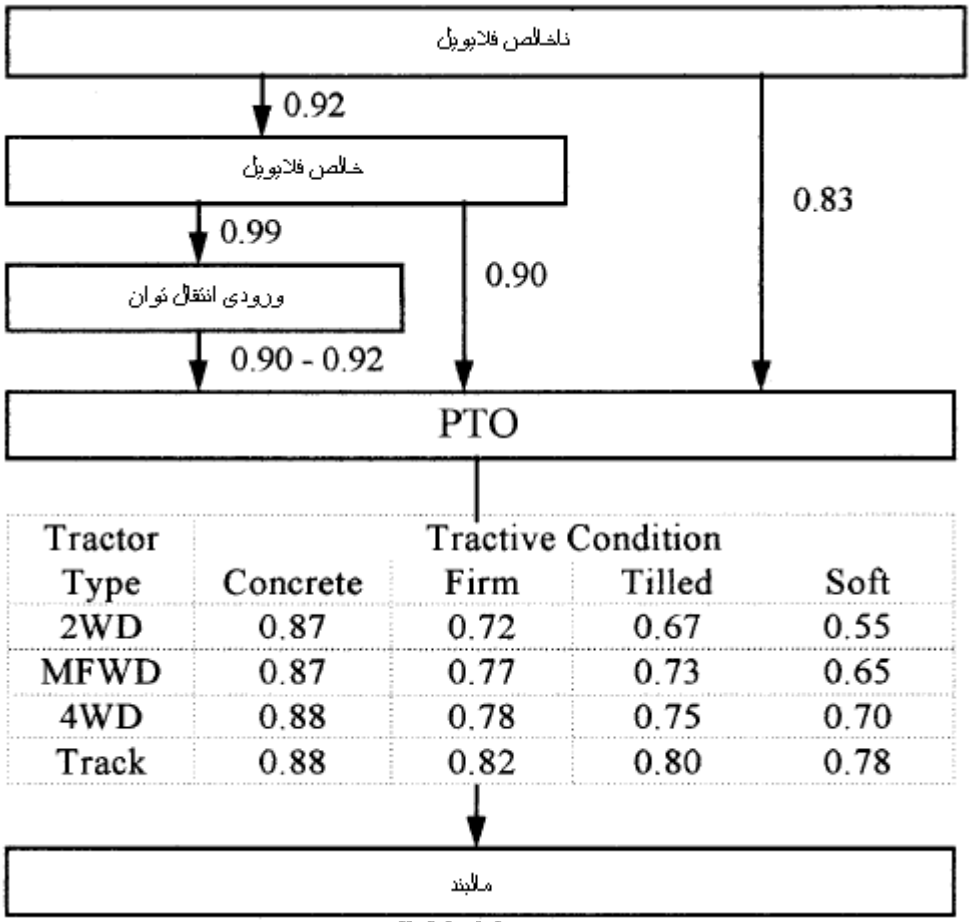
۳-۲-۳ کشش ناخالص، GT (بطوریکه در ASAE S296 تعریف شد)

$$GT=W(0.88(1-e^{-0.1\ B_n})(1-e^{-7.5\ s})+0.04)$$

٤-۲-۳ بازده کششی

$$TE=(1-s)\ \frac{NT}{GT}$$

www.agrimechanization.com



Tractor Type	Tractive Condition			
	Concrete	Firm	Tilled	Soft
2WD	0.87	0.72	0.67	0.55
MFWD	0.87	0.77	0.73	0.65
4WD	0.88	0.78	0.75	0.70
Track	0.88	0.82	0.80	0.78

شکل ۱. روابط توان برای تراکتور های کشاورزی. توان در یک موقعیت مشخص در انتقال توان را می توان برای تخمین توان در موقعیت دیگر استفاده کرد. بعنوان مثال، توان PTO را می توان با ضرب کردن توان خالص فلایویل در 0.90 از توان خالص فلایویل بدست آورد. اگر توان مالبندی مطلوب بود، نوع تراکتور و شرایط کشش برای تعیین نسبت انتخاب می شود. بمنظور تخمین توان مالبندی برای یک تراکتور چهار چرخ محرک با ۲۲٤KW توان خالص فلایویل برای کار در خاک پایدار، ۲۲٤ را در ۰.۹۰ و ۰.۷۸ ضرب کنید تا توان ۱۵۷.۲۵ کیلو وات بدست آید.

۳-۳ بازدهی سوخت با توجه به نوع سوخت و بار موجود بر روی موتور فرق می کند. موتورهای معمول در تراکتور و کمباین کشاورزی با بار بیش از ۲۰٪ توسط معادلات زیر مدل می شوند. مصرف ویژهٔ سوخت برای یک کار خالص بر حسب L/KW.h (gal/hp.h) مشخص می شود. بطوریکه X نسبت توان PTO معادل لازم برای عملیاتی است که حداکثر آن از PTO بدست می آید. این معادلات مصرف سوخت را ۱۵٪ بیشتر از عملکرد نوعی در آزمون تراکتور نبراسکا مدل می کند تا به تلفات بازدهی تحت شرایط مزرعه منتج شوند. بمنظور تعیین مصرف سوخت متوسط یک تراکتور که تحت بازه ای از شرایط باری در بازه ای زمانی کار می کند به ASAE EP496 رجوع نمایید:

بنزین

$$\frac{2.74X + 3.15 - 0.203\sqrt{697X}}{(0.54X + 0.62 - 0.04\sqrt{697X})}$$

گازوئیل

$$2.64X + 3.91 - 0.203\sqrt{738X+173}$$
$$(0.52X + 0.77 - 0.04\sqrt{738X+173}$$

LGP (گاز نفت مایع)

$$2.69X + 3.41 - 0.203\sqrt{646X}$$
$$0.53X + 0.62 - 0.04\sqrt{646X}$$

۴-۳ مصرف روغن بعنوان حجم هر ساعت روغن کارتر موتور که بنا بر دوره های تعویض توصیه شده توسط سازنده تعویض می شود، تعریف می شود. مصرف بر حسب L/h (gal/h) است بطوریکه P توان مجاز موتور برحسب KW (hp) می باشد.

بنزین

0.000566P+0.02487 (0.00011P+0.00657)

گازوئیل

0.00059P+0.02169 (0.00021P+0.00573)

LGP (گاز نفت مایع)

0.00041P+0.02 (0.00008P+0.00755)

٤- نیازمندی های توان و کشش

۴-۱ داده های کششی بعنوان نیروی لازم در جهت حرکت افقی گزارش می شوند. هر دو کشش کاری (مقاومت خاک و محصول) و کشش لازم برای غلبه بر مقاومت غلتشی [vii] ادوات با یک استثنا را شامل می شوند: برای تزریق کود، مقاومت حرکتی [viii] چرخ های حمل و نقل سمپاش را باید اضافه کرد تا کشش کل دستگاه بدست آید.

۴-۱-۱ نیروی کششی لازم برای کشیدن بسیاری از ادوات بذرکاری و دستگاههای خاکورزی کوچک که در عمق های سطحی کار می کنند، اساساً یکی از وظایف عرض دستگاه و سرعتی است که با آن سرعت کشیده می شود؛ می باشد. برای وسایل خاکورزی که در اعماق بیشتر کار می کنند، کشش همچنین بستگی به بافت خاک، عمق و شکل هندسی دستگاه دارد.

نیازهای کششی نوعی را می توان بدین ترتیب محاسبه نمود:

$$D = F_i[A + B(S) + C(S)^2]WT$$

بطوریکه:

D: کشش وسیله N (lbf)

S: سرعت زمینی Km/h (mile/h)

F: پارامتر بدون بعد تنظیم بافت خاک (جدول۱.)

W: عرض ماشین m (ft) یا تعدادfows یا وسایل (جدول۱.)

i: ۱ برای خاکهای ریز بافت، ۲ برای خاکهای با بافت متوسط و ۳ برای خاکهای درشت بافت.

A، B و C پارامترهای ویژۀ ماشین (جدول۱.)

www.agrimechanization.com

T: عمق خاکورزی، cm (in.) برای وسایل بزرگ، ۱ ادوات کاشت.

(بدون واحد) برای دستگاههای خاکورز کوچک و

Implement	SI Units: Width units	SI Units: Machine Parameters A	B	C	English Units: Width units	English Units: Machine Parameters A	B	C	Soil Parameters F_1	F_2	F_3	Range ±%
MAJOR TILLAGE TOOLS												
Subsoiler/Manure Injector												
narrow point	tools	226	0.0	1.8	tools	129	0.0	2.7	1.0	0.70	0.45	50
30 cm winged point	tools	294	0.0	2.4	tools	167	0.0	3.5	1.0	0.70	0.45	50
Moldboard Plow	m	652	0.0	5.1	ft	113	0.0	2.3	1.0	0.70	0.45	40
Chisel Plow												
5 cm straight point	tools	91	5.4	0.0	tools	52	4.9	0.0	1.0	0.85	0.65	50
7.5 cm shovel/35 cm sweep	tools	107	6.3	0.0	tools	61	5.8	0.0	1.0	0.85	0.65	50
10 cm twisted shovel	tools	123	7.3	0.0	tools	70	6.7	0.0	1.0	0.85	0.65	50
Sweep Plow												
primary tillage	m	390	19.0	0.0	ft	68	5.2	0.0	1.0	0.85	0.65	45
secondary tillage	m	273	13.3	0.0	ft	48	3.7	0.0	1.0	0.85	0.65	35
Disk Harrow, Tandem												
primary tillage	m	309	16.0	0.0	ft	53	4.6	0.0	1.0	0.88	0.78	50
secondary tillage	m	216	11.2	0.0	ft	37	3.2	0.0	1.0	0.88	0.78	30
Disk Harrow, Offset												
primary tillage	m	364	18.8	0.0	ft	62	5.4	0.0	1.0	0.88	0.78	50
secondary tillage	m	254	13.2	0.0	ft	44	3.8	0.0	1.0	0.88	0.78	30
Disk Gang, Single												
primary tillage	m	124	6.4	0.0	ft	21	1.8	0.0	1.0	0.88	0.78	25
secondary tillage	m	86	4.5	0.0	ft	15	1.3	0.0	1.0	0.88	0.78	20
Coulters												
smooth or ripple	tools	55	2.7	0.0	tools	31	2.5	0.0	1.0	0.88	0.78	25
bubble or flute	tools	66	3.3	0.0	tools	37	3.0	0.0	1.0	0.88	0.78	25
Field Cultivator												
primary tillage	tools	46	2.8	0.0	tools	26	2.5	0.0	1.0	0.85	0.65	30
secondary tillage	tools	32	1.9	0.0	tools	19	1.8	0.0	1.0	0.85	0.65	25
Row Crop Cultivator												
S-tine	rows	140	7.0	0.0	rows	80	6.4	0.0	1.0	0.85	0.65	15
C-shank	rows	260	13.0	0.0	rows	148	11.9	0.0	1.0	0.85	0.65	15
No-till	rows	435	21.8	0.0	rows	248	19.9	0.0	1.0	0.85	0.65	20
Rod Weeder	m	210	10.7	0.0	ft	37	3.0	0.0	1.0	0.85	0.65	25
Disk-Bedder	rows	185	9.5	0.0	rows	106	8.7	0.0	1.0	0.88	0.78	40
MINOR TILLAGE TOOLS												
Rotary Hoe	m	600	0.0	0.0	ft	41	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	30
Coil Tine Harrow	m	250	0.0	0.0	ft	17	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	20
Spike Tooth Harrow	m	600	0.0	0.0	ft	40	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	30
Spring Tooth Harrow	m	2,000	0.0	0.0	ft	135	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	35
Roller Packer	m	600	0.0	0.0	ft	40	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	50
Roller Harrow	m	2,600	0.0	0.0	ft	180	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	50
Land Plane	m	8,000	0.0	0.0	ft	550	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	45
SEEDING IMPLEMENTS												
Row Crop Planter, prepared seedbed												
mounted												
seeding only	rows	500	0.0	0.0	rows	110	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	25
drawn												
seeding only	rows	900	0.0	0.0	rows	200	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	25
seed, fertilizer, herbicides	rows	1,550	0.0	0.0	rows	350	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	25
Row Crop Planter, no-till												
seed, fertilizer, herbicides												
1 fluted coulter/row	rows	1,820	0.0	0.0	rows	410	0.0	0.0	1.0	0.96	0.92	25
Row Crop Planter, zone-till												
seed, fertilizer, herbicides												
3 fluted coulters/row	rows	3,400	0.0	0.0	rows	765	0.0	0.0	1.0	0.94	0.82	35
Grain Drill w/press wheels												
< 2.4 m drill width	rows	400	0.0	0.0	rows	90	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	25
2.4 to 3.7 m drill width	rows	300	0.0	0.0	rows	67	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	25
> 3.7 m drill width	rows	200	0.0	0.0	rows	25	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	25
Grain Drill, no-till												
1 fluted coulter/row	rows	720	0.0	0.0	rows	160	0.0	0.0	1.0	0.92	0.79	35
Hoe Drill												
primary tillage	m	6,100	0.0	0.0	ft	420	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	50
secondary tillage	m	2,900	0.0	0.0	ft	200	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	50
Pneumatic Drill	m	3,700	0.0	0.0	ft	250	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	50

جدول۱. پارامترهای کشش و حدود مورد انتظار در کشش که پارامترهای مدل برای ادوات خاکورزی و کاشت تخمین زده می شود.

۲-۱-٤ بطور کل، کشش متوسط پارامترهای لازم در جدول۱. برای اغلب ماشین های خاکورزی و بذرکار خلاصه شده اند. هر پارامتر یکی از وظایف طرح ابزار خاکورزی است. پارامتر ثابت، A، یکی از وظایف استحکام خاک $i x$ است. در حالیکه ضریب پارامتر های سرعت، B یا C، به چگالی ظاهری خاک بستگی دارند. خاک به ریز، متوسط یا درشت دسته بندی می شود. خاک ریز بافت به عنوان مقدار زیاد رس تعریف می شود. متوسط بافت، خاکهای لومی و خاکهای درشت بافت خاکهای شنی هستند. مقادیر معمول تمام پارامترها همراه با محدوده یا نوسان منتظره ای با توجه به تفاوت ها در طراحی ماشین، تنظیم ماشین، سن ماشین و شرایط سایت ویژه که شامل رطوبت خاک و پوشش بقایا می شود، فهرست می شوند. این محدوده نوسان منتظره ای از کشش متوسط یا نوعی می دهد در حالیکه ماشین و شرایط خاک در تغییر دادن مدل شامل نمی شوند.

۲-٤ مقاومت غلتشی، نیروی کششی اضافی است که در محاسبهٔ توان لازم ادوات باید در نظر گرفته شود. مقادیر مقاومت غلتشی بستگی دارد به ابعاد چرخ حمل، فشار تایر، نوع خاک و رطوبت خاک فرض می شود که رطوبت های حاک برای عملیات ادوات کمتر از ظرفیت مزرعه ای باشد. نسبت های مقاومت غلتشی در ASAE S296 تعریف شده و در ۲-۱-۲-۳ پیش بینی می شود.

۱-۲-٤ مقادیر داده شده در ۱-۲-۳ برای چرخ های تکی در خاک بهم نریخته می باشد. برای خاک های نرم شده، کشت شده و شنی نسبت مقاومت غلتشی برای یک چرخ عقب که در شیار چرخ جلو کار می کند، تقریباً نصف مقادیر داده شده است. برای زمین کلشی این مقدار ۰.۹۰ است. برای سطح پایدار هیچ کاهشی وجود ندارد.

۲-۲-٤ پهنای اضافی شناور سازی تایر ها، ضریب را تا حد خاصی در کهای نرم کاهش می دهد. لیکن آن را برای خاکهای سخت و بتون افزایش می دهد.

۳-۲-٤ نسبت های مقاومت غلتشی با فشار تایر زیاد در خاک های نرم افزایش می یابد. در برابر کردن فشار تایر تا ۲۰۰KPa باعث افزایش ضریب به ۱.۲۷X + ۰.۰۱۳۵- ضریب در ۱۰۰KPa (۱۵lbf/in^2) می شود.

٤-۲-٤ یک نسبت مقاومت غلتشی مؤثر، ρe، را می توان برای استفاده در سراشیبی ها محاسبه کرد:

$$\rho_e = \rho \cos \alpha \pm \sin \alpha$$

بطوریکه:

ρ: نسبت مقاومت غلتشی در سطح صاف

α: شیب، از علامت منها برای شیبهای روبه پایین استفاده می شود.

www.agrimechanization.com

جدول۲. پارامترهای توان دورانی لازم

Machine Type	Parameter a kW	b kW/m	c kWh/t	Parameter a hp	b hp/ft	c hph/ton	Range[1] ±%
Baler, small rectangular	2.0	0	1.0[2]	2.7	0	1.2[2]	35
Baler, large rectangular bales	4.0	0	1.3	5.4	0	1.6	35
Baler, large round (var. chamber)	4.0	0	1.1	5.4	0	1.3	50
Baler, large round (fix. chamber)	2.5	0	1.8	3.4	0	2.2	50
Beet harvester[3]	0	4.2	0	0	1.7	0	50
Beet topper	0	7.3	0	0	3.0	0	30
Combine, small grains	20.0	0	3.6[4]	26.8	0	4.4[4]	50
Combine, corn	35.0	0	1.6[4]	46.9	0	2.0[4]	30
Cotton picker	0	9.3	0	0	3.8	0	20
Cotton stripper	0	1.9	0	0	0.8	0	20
Feed mixer	0	0	2.3	0	0	2.8	50
Forage blower	0	0	0.9	0	0	1.1	20
Flail harvester, direct-cut	10.0	0	1.1	13.4	0	1.3	40
Forage harvester, corn silage	6.0	0	3.3[5]	8.0	0	4.0[5]	40
Forage harvester, wilted alfalfa	6.0	0	4.0[5]	8.0	0	4.9[5]	40
Forage harvester, direct-cut	6.0	0	5.7[5]	8.0	0	6.9[5]	40
Forage wagon	0	0	0.3	0	0	0.3	40
Grinder mixer	0	0	4.0	0	0	4.9	50
Manure spreader	0	0	0.2	0	0	0.3	50
Mower, cutterbar	0	1.2	0	0	0.5	0	25
Mower, disk	0	5.0	0	0	2.0	0	30
Mower, flail	0	10.0	0	0	4.1	0	40
Mower-conditioner, cutterbar	0	4.5	0	0	1.8	0	30
Mower-conditioner, disk	0	8.0	0	0	3.3	0	30
Potato harvester[3]	0	10.7	0	0	4.4	0	30
Potato windrower	0	5.1	0	0	2.1	0	30
Rake, side delivery	0	0.4	0	0	0.2	0	50
Rake, rotary	0	2.0	0	0	0.8	0	50
Tedder	0	1.5	0	0	0.6	0	50
Tub grinder, straw	5.0	0	8.4	6.7	0	10.2	50
Tub grinder, alfalfa hay	5.0	0	3.8	6.7	0	4.6	50
Windrower/swather, small grain	0	1.3	0	0	0.5	0	40

۱) با توجه به توان متوسط مورد نیاز تغییر می کند که به تفاوت در طراحی ماشین، تنظیم ماشین، و شرایط محصول تغییر می کند.

۲) تا ۲۰٪ برای کاه افزایش می یابد

۳) کل توان لازم باید کششی معادل KN/m ۱۱.۶ (±۴۰٪) برای سیب زمینی کن وKN/m ۵.۶ (±۴۰٪) برای چغندر کن را در بر گیرد. فرض می شود که فاصله بین ردیفی برای سیب زمینی ۸۶cm و برای چغندر قند ..... باشد.

۴) بر اساس توان عملیاتی ماده ای بدون در نظر گرفتن دانه، MOG ، برای محصولات دانه ریز و عملکرد دانه ای برای ذرت برای یک ماشین PTO گرد، پارامتر a تا ۱۰KW کاهش می یابد.

۵) توان عملیاتی واحدهایی است از ماده خشک در هر ساعت با یک طول برش ۹mm (۰.۳۵in.) در یک .... عملیاتی ویژه، کاهش ۵۰ درصدی در طول محیط برش یا استفاده از از یک شبکهٔ دوباره خرد کن توان را ۲۵٪ می افزاید.

جدول ۳. بازدهٔ مزرعه ای و پارامترهای هزینه نگهداری و تعمیر

Machine	Field efficiency		Field speed				Estimated life	Total life R&M cost	Repair factors	
	Range %	Typical %	Range mph	Typical mph	Range km/h	Typical km/h	h	% of list price	RF1	RF2
TRACTORS										
2 wheel drive & stationary							12 000	100	0.007	2.0
4 wheel drive & crawler							16 000	80	0.003	2.0
TILLAGE & PLANTING										
Moldboard plow	70–90	85	3.0–6.0	4.5	5.0–10.0	7.0	2 000	100	0.29	1.8
Heavy-duty disk	70–90	85	3.5–6.0	4.5	5.5–10.0	7.0	2 000	60	0.18	1.7
Tandem disk harrow	70–90	80	4.0–7.0	6.0	6.5–11.0	10.0	2 000	60	0.18	1.7
(Coulter) chisel plow	70–90	85	4.0–6.5	5.0	6.5–10.5	8.0	2 000	75	0.28	1.4
Field cultivator	70–90	85	5.0–8.0	7.0	8.0–13.0	11.0	2 000	70	0.27	1.4
Spring tooth harrow	70–90	85	5.0–8.0	7.0	8.0–13.0	11.0	2 000	70	0.27	1.4
Roller-packer	70–90	85	4.5–7.5	6.0	7.0–12.0	10.0	2 000	40	0.16	1.3
Mulcher-packer	70–90	80	4.0–7.0	5.0	6.5–11.0	8.0	2 000	40	0.16	1.3
Rotary hoe	70–85	80	8.0–14.0	12.0	13.–22.5	19.0	2 000	60	0.23	1.4
Row crop cultivator	70–90	80	3.0–7.0	5.0	5.0–11.0	8.0	2 000	80	0.17	2.2
Rotary tiller	70–90	85	1.0–4.5	3.0	2.0–7.0	5.0	1 500	80	0.36	2.0
Row crop planter	50–75	65	4.0–7.0	5.5	6.5–11.0	9.0	1 500	75	0.32	2.1
Grain drill	55–80	70	4.0–7.0	5.0	6.5–11.0	8.0	1 500	75	0.32	2.1
HARVESTING										
Corn picker sheller	60–75	65	2.0–4.0	2.5	3.0–6.5	4.0	2 000	70	0.14	2.3
Combine	60–75	65	2.0–5.0	3.0	3.0–6.5	5.0	2 000	60	0.12	2.3
Combine (SP)[1)]	65–80	70	2.0–5.0	3.0	3.0–6.5	5.0	3 000	40	0.04	2.1
Mower	75–85	80	3.0–6.0	5.0	5.0–10.0	8.0	2 000	150	0.46	1.7
Mower (rotary)	75–90	80	5.0–12.0	7.0	8.0–19.0	11.0	2 000	175	0.44	2.0
Mower-conditioner	75–85	80	3.0–6.0	5.0	5.0–10.0	8.0	2 500	80	0.18	1.6
Mower-conditioner (rotary)	75–90	80	5.0–12.0	7.0	8.0–19.0	11.0	2 500	100	0.16	2.0
Windrower (SP)	70–85	80	3.0–8.0	5.0	5.0–13.0	8.0	3 000	55	0.06	2.0
Side delivery rake	70–90	80	4.0–8.0	6.0	6.5–13.0	10.0	2 500	60	0.17	1.4
Rectangular baler	60–85	75	2.5–6.0	4.0	4.0–10.0	6.5	2 000	80	0.23	1.8
Large rectangular baler	70–90	80	4.0–8.0	5.0	6.5–13.0	8.0	3 000	75	0.10	1.8
Large round baler	55–75	65	3.0–8.0	5.0	5.0–13.0	8.0	1 500	90	0.43	1.8
Forage harvester	60–85	70	1.5–5.0	3.0	2.5–8.0	5.0	2 500	65	0.15	1.6
Forage harvester (SP)	60–85	70	1.5–6.0	3.5	2.5–10.0	5.5	4 000	50	0.03	2.0
Sugar beet harvester	50–70	60	4.0–6.0	5.0	6.5–10.0	8.0	1 500	100	0.59	1.3
Potato harvester	55–70	60	1.5–4.0	2.5	2.5–6.5	4.0	2 500	70	0.19	1.4
Cotton picker (SP)	60–75	70	2.0–4.0	3.0	3.0–6.0	4.5	3 000	80	0.11	1.8
MISCELLANEOUS										
Fertilizer spreader	60–80	70	5.0–10.0	7.0	8.0–16.0	11.0	1 200	80	0.63	1.3
Boom-type sprayer	50–80	65	3.0–7.0	6.5	5.0–11.5	10.5	1 500	70	0.41	1.3
Air-carrier sprayer	55–70	60	2.0–5.0	3.0	3.0–8.0	5.0	2 000	60	0.20	1.6
Bean puller-windrower	70–90	80	4.0–7.0	5.0	6.5–11.5	8.0	2 000	60	0.20	1.6
Beet topper/stalk chopper	70–90	80	4.0–7.0	5.0	6.5–11.5	8.0	1 200	35	0.28	1.4
Forage blower							1 500	45	0.22	1.8
Forage wagon							2 000	50	0.16	1.6
Wagon							3 000	80	0.19	1.3

۱) SP نشان دهندهٔ ماشین خود گردان است.

۳-٤ اطلاعات توان دورانی بعنوان توان کاری لازم در موتور دستگاه یا شافت PTO تراکتور تعریف می شوند. توان کل با افزودن توان های دورانی و کششی لازم برای غلبه بر مقاومت غلتشی تعیین می شود. نوعاً توان دورانی متوسط پارامترها را لازم دارد که در جدول ۲ برای ۳۲ نوع عمده از ماشین های کشاورزی خلاصه شده است. این سه پارامتر نشان دهندهٔ توان لازم بدون بار، توان لازم هر واحد پهنای کار ماشین و توان هر واحد نرخ تغذیه ماده ای اشت. کشش لازم همچنین در جدول۲. برای ماشین های برداشت ریشه ذکر شده اند. مقادیر معمول برای تمامی پارامترها همراه با حدود^{x} منتظره ای یا تغییرات ناشی از تفاوت در طرح ماشین، شرایط ماشین و ویژگی های محصول لیست شده اند. مقادیر نوعی را می توان در زمانیکه شرایط مشابه است در این حدود تنظیم کرد تا افزایش یا کاهشی اساسی از توان متوسط مورد نیاز را باعث شود. توان دورانی با استفاده از این پارامترها تعیین می شود و روابط در ASAE EP496، بند ۲-۱-٤ تعیین می شوند.

۵- عملکرد ماشین

۵-۱ نرخ های عملکرد برای ماشین های زراعی بستگی دارد به سرعت های مزرعه ای قابل دسترس و استفادهٔ کارآمد از زمان. سرعت های پیشروی ممکن است با عملکرد های شدید محصول، زمین ناهموار و بسندگی کنترل راننده محدود شود. مزارع کوچک یا بد شکل، عملکرد های شدید محصول و ماشین هاییی با ظرفیت بالا ممکن است منجر به کاهشی اساسی در بازدهٔ مزرعه ای شوند. سرعت نوعی و بازده های مزرعه ای در جدول۳. آمده اند.

۵-۲ لغزش چرخ محرک، بطور اعشاری، برای ادوات زمین گرد (۳-۲-۳ را مشاهده نمایید):

$$\text{Slippage (decimal)} = \frac{1}{0.3\ Cn} \ln\left(\frac{0.75}{\frac{T}{rW} + \frac{1.2}{Cn} + 0.079}\right)$$

T: گشتاوری که از عملکرد ساختاری در چرخ محرک ناشی می شود.

r: شعاع چرخش چرخ محرک

٦- هزینه های استفاده

٦-۱ هزینه های استهلاک با استفاده از فرمول های قیمت باقیمانده براساس قیمت های فروش مزایده ای ادوات زراعی دست دوم از سال ۱۹۸٤ تا ۱۹۹۳ محاسبه شده اند. بمنظور محاسبهٔ قیمت باقیمانده بعنوان درصدی از قیمت لیست برای ادوات کشاورزی در انتهای n سال از سن و پس از h ساعت متوسط استفاده سالیانه، از معادلهٔ زیر و ضرایب نشان داده شده در جدول٤. استفاده می شود.

$$RV_n = 100[C_1 - C_2(n^{0.5}) - C_3(h^{0.5})]^2$$

بمنظور در نظر گرفتن اثرات تورم، قیمت لیست ادوات کشاورزی را در $(1+i)^n$ ضرب کنید. بطوریکه i نرخ متوسط تورم سالیانه است.

٦-۱-۱ قیمت های باقیمانده بعنوان درصدی از قیمت لیست در انتهای n سال.

_ تراکتورها $68(0.920)^n$

_ تمامی کمباین ها، پنبه چین ها، نوارکن ها خود گردان $64(0.885)^n$

_ بسته بندها، برداشت کننده های علوفه، دمنده ها، و سمپاشهای خود گردان $56(0.885)^n$

_ تمامی ماشین های زراعی دیگر $60(0.885)^n$

٦-۲ هزینه های تعمیر و نگهداری با توجه به زمان وقوع، بسیار متغیر و غیر قابل پیش بینی هستند. برآوردهای هزینه های تعمیر و نگهداری تجمعی، بستگی دارد به استفاده تجمعی که یقیناً نشان دهندهٔ گرایشات ثابت است. البته، یک انحراف استاندارد معادل با میانگین یک متغیر نوعی در این اطلاعات است. عوامل تعمیر و نگهداری

www.agrimechanization.com

براساس استفادهٔ تجمعی از ماشین در جدول۳. داده شده اند. مقادیر لیست شده برای ماشین هایی است که تحت شرایط و سرعت های مزرعه ای استفاده می شوند. این اطلاعات تخمین هایی از هزینه متوسط برای تمامی ماشین هایی از یک نوع مشخص را فراهم می آورند. این برآورد تمایل دارد که در حدود ۲۵٪ هزینه واقعی نگهداری اغلب ماشین ها در مرحلهٔ کاری مناسب باشد. برخی ماشین ها ممکن است بطور قابل توجهی تعمیر کمتر یا بیشتری را نسبت به این برآورد نیاز داشته باشند. برخی ماشین ها ممکن است بطور قابل توجهی تعمیر کمتر یا بیشتری را نسبت به این برآورد نیاز داشته باشند. یک تعریف کاملتر این هدف مقصود و رویه برای استفاده از این اطلاعات در ASAE EP496 داده شده است.

۷- قابلیت اطمینان

۷-۱ قابلیت اطمینان عملیاتی یک احتمال عملکرد رضایتبخش در هر بازهٔ زمانی مشخص است که بعنوان منفی احتمال عدم موفقیت[xi] محاسبه می شود.

۷-۱-۱ میدوست امریکا از قول کشاورزان گزارش می دهد (۱۹۷۰) که عدم موفقیت مزرعه ای، احتمال خرابی (تراکتورها و ادوات متصله) در هر ۴۰ هکتار (۱۰۰ ایکر) استفاده و SD متوسط کل مدت زمان استراحت هر سال برای مزارع بیش از ۲۰۰ هکتار (۵۰۰ ایکر) را نشان می دهند.

	Breakdown time		Breakdown probability per 40 ha	Reliability per 40 ha
	h/yr	SD	(100 acres)	(100 acres)
Tillage	13.6	24.1	0.109	0.89
Planting corn	5.3	5.4	0.133	0.87
Planting soybeans	3.7	2.4	0.102	0.90
Row cultivation	5.6	6.3	0.045	0.96
Harvest soybeans, SP	8.2	9.6	0.363	0.64
Harvest corn, SP	12.3	12.6	0.323	0.68

۷-۱-۲ احتمالات از کارافتادگی برای سیستم های ماشینی با افزایش در اندازهٔ مزرعه افزایش می یابد.

Crop area, ha (acres)		Probability of at least one failure per year	Reliability of tractor-machine system per year
0 to 80	(0 to 200)	0.435	0.56
80 to 160	(200 to 400)	0.632	0.30
160 to 240	(400 to 600)	0.713	0.29
240+	(600+)	0.780	0.22

۳-۱-۷ بنظر می رسد که زمان استراحت و قابلیت اطمینان مستقل از استفاده برای بعضی ماشینها باشد. در حالیکه دیگر [عوامل] با در استفادهٔ فزاینده افزایش می یابند. داده های میدوست ایلات متحده نشان داد: گاوآهن های برگردان دار با متوسط زمان استراحت ۱ ساعت برای هر ٤۰۰ هکتار(۱۰۰۰ ایکر) استفاده، کارنده های ردیفی زمان استراحت متوسط ۱ ساعت برای ۲۵۰ هکتار(٦۰۰ ایکر) استفاده، کمباین های خود گردان زمان استراحت کمی برای ۳٦۵ هکتار(۹۰۰ ایکر) اول استفاده کردند. استراحت زمانی برای هر ۳۰ هکتار(۷۰ ایکر) پس از آن بطور ثابت ۱ ساعت بود و تراکتورها نرخ استراحت زمانی بطور ثابتفزاینده ای را در استفاده داشتند. ساعات فزاینده زمان استراحت بستگی دارد به ساعات فزاینده استفاده،X:

موتور اشتعال جرقه ای $0.0000021\ X^{1.9946}$

موتو دیزل $0.0003234\ X^{1.4173}$

۸- روزهای کاری، بجا بودن

۸-۱ دماهای یخبندان، بارش، رطوبت بیش از حد غیر مفید خاک، و دیگر عوامل آب و هوایی ممکن است عملیات ماشینی مزرعه را محدود نماید. از آنجا که تغییرات آب و هوایی زیاد است، هرگونه پیش بینی تعداد روزهای کاری در پیش، می تواند فقط بطور احتمالی بدست آید.

۸-۲ تعداد روزهای کاری در هر بازهٔ زمانی تابعی است از: منطقهٔ اقلیمی، شیب سطح زمین، نوع خاک، ویژگی های زهکشی، عملیاتی که باید انجام گیرد و ادوات کششی و شناور.

چدول۵. روزهای کاری ممکن

Region	Central Illinois	State of Iowa	Southeastern Michigan	State of South Carolina	Southern Ontario Canada	Mississippi Delta
Soil	Prairie soils	State average	Clay loam	Clay loam	Clay loam	Clay
Notes	18 yr data	17 yr data		Simulation (tillage only)	Simulation (tillage only)	Simulation (tillage only) Non-tillage field work
	In early spring and late fall, pwd in Iowa and Illinois may be 0.07 greater in North and West and 0.07 less in South and East		Simulation (tillage only)	Sandy soils can be worked all months and have higher pwd	Start 7–10 days earlier on sandy soils, 0.15 greater pwd	pwd and pwd for sandy soils some greater in winter and early spring

www.agrimechanization.com

Average date	Biweekly period	Probability level, percent											
		50	90	50	90	50	90	50	90	50	90	50	90
Jan. and Feb.	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.0	0.07	0.0
Mar. 7	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	-
Mar. 21	2	0.29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.0	0.0	0.0	0.18	0.0
Apr. 4	3	0.42	0.13	0.39	0.16	0.0	0.0	-	-	0.01	0.0	-	-
Apr. 18	4	0.47	0.19	0.57	0.38	0.20	0.0	0.29	0.06	0.07	0.0	0.35	0.08
May 2	5	0.54	0.31	0.66	0.48	-	-	-	-	0.62	0.02	-	-
May 16	6	0.61	0.34	0.68	0.47	0.61	0.32	0.64	0.37	0.60	0.02	0.58	0.28
May 30	7	0.63	0.40	0.66	0.47	-	-	-	-	0.79	0.16	-	-
June 13	8	0.66	0.41	0.69	0.52	0.69	0.42	0.72	0.48	0.77	0.22	0.69	0.39
June 27	9	0.72	0.53	0.74	0.57	-	-	-	-	0.80	0.23	-	-
July 11	10	0.72	0.52	0.77	0.64	0.75	0.52	0.67	0.43	-	-	0.63	0.25
July 25	11	0.72	0.54	0.80	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-
Aug. 8	12	0.78	0.64	0.80	0.68	0.74	0.53	0.73	0.51	-	-	0.72	0.45
Aug. 22	13	0.86	0.74	0.86	0.79	-	-	-	-	-	-	-	-
Sept. 5	14	0.81	0.66	0.79	0.64	0.70	0.35	-	-	-	-	-	-
Sept. 19	15	0.65	0.42	0.69	0.46	-	-	0.72	0.46	-	-	0.80	0.58
Oct. 3	16	0.72	0.52	0.71	0.48	0.59	0.26	-	-	-	-	-	-
Oct. 17	17	0.76	0.58	0.79	0.64	-	-	0.61	0.23	-	-	0.76	0.42
Nov. 1	18	0.72	0.50	0.75	0.55	0.42	0.06	-	-	-	-	-	-
Nov. 15	19	0.67	0.47	0.73	0.54	-	-	0.33	0.02	-	-	0.43	0.0
Nov. 29	20	0.54	0.43	0.82	0.70	0.07	0.0	-	-	-	-	-	-
Dec. 13	21	-	-	-	-	-	-	0.02	0.0	-	-	0.10	0.0

برای یکشنبه ها و روزهای تعطیل با ضرب pwd های بالا در ۰.۸٦، ۰.۸۲، ۰.۷۸ و ۰.۷۵ برای ماههای ۰،۱،۲ و ۳ روز تعطیل بدست می آید.

۸-۳ احتمال برای یک روز کاری،pwd، در جدول۵. برای سطوح اطمینان ۹۰٪ و ۵۰٪ داده شده است. احتمالات بدست آمده از جدول برای بازه های ۱۵ روزه متوسط هستند. که احتمالی معادل ۰.٤ است. بدین معنی که ۰.٤ × ۱٤ یا ۰.٥٦ روزهای کاری را می توان در آن بازهٔ زمانی دو هفته ای انتظار داشت. در صورتیکه احتمال در سطح ۵۰٪ گرفته می شد، رقم ۵.٦ روز ممکن بود در طی ۵ سال از ۱۰ تجاوز نماید. اگر سطح ۹۰٪ بود، عدد ۵.٦ روز در طی ۹ سال از ۱۰ تجاوز می کرد.

۸-۳-۱ دو نوع عملیات زراعی عملیات کاری خاک از قبیل خاکورزی و کاشت و تردد تعریف می شوند. بطوریکه یک محصول فرایند سازی می شود و خاک نباید به اندازهٔ کافی خشک شود تا فقط از ماشین حمایت کند. اطلاعات ایلینوی و آیوا در جدول۵. گزارشاتی هستند از عملیات مشاهده شده واقعی و هر دو نوع عملیات را شامل می شوند. داده های دیگر فقط برای عملیات خاکورزی شبیه سازی شده اند.

۸-۳-۲ مزارع خشک غربی و مزارع تحت آبیاری احتمالاً pwd نزدیک به ۰.۱ دارند.

۸-٤ پایداری در داده های آب و هوایی شناسایی می شود. از آنجا که یک روز مشخص یک روز کاری است، روز بعدی تقریباً ۰.۸میدوست اختمال دارد که روز بعد هم کاری باشد. احتمال ۵ تاریخ کاری متوالی برابر pwd روز اول ضربدر ۰.۸^٤ می باشد.

۸–۵ رعایت بجا بودن (ASAE S496، بند ۲ مشاهده کنید) برای انتخاب مؤثر ماشین کشاورزی مهم هستند. یک ارزش اقتصادی برای بجا بودن، بمنظور در بر گرفتن جریمه برای کاهش های کمیت و کیفیت در محصول لازم است که از به تأخیر افتادن عملیات ماشینی مزرعه ناشی می شود. هزینه های بجا بودن بسیار متغیر هستند. تغییر از بین مناطق، واریته های محصول، موقع فصل و عملیات ناشی انتظار می رود. هزینه های بجا بودن برای آندسته از عملیات خاکورزی و دیگر عملیاتی که نیاز کمی به اتمام سریع دارند، لزوماً صفر است.

۸–۶ یک ضریب بجا بودن، k (ASAE S496)، عاملی است که محاسبهٔ هزینه های بجا بودن را ممکن می سازد (ASAE S496). این عامل هزینه های بجا بودن و روزهای تقویم را خطی فرض می کند و بصورت عدد اعشاری مقدار حداکثر محصول هر واحد سطح هر روز چه قبل و چه بعد از روز مطلوب بیان می شود. این ضرایب را می توان از برگشت های برآورد شده محصول محاسبه نمود؛ بطوریکه از نظر زمان بندی عملیات ماشینی متفاوت هستند. بعنوان مثال، اگر ۱۰ روز تأخیر در یک عملیات برگشت نهایی از محصول را تا ۵٪ کاهش دهد، k، ۰.۵/۱۰٪ یا ۰.۰۰۵ در هر واحد سطح هر روز محاسبه می شود. هزینهٔ عملیات بر ٦ هکتار محصول ۱۰۰ $/ha در ۷ روز پس از زمان مطلوب: ۲۱$ = ۱۰۰ × ۷ ×٦ × ۰.۰۰۵ دارا خواهد بود. (برای هزینه های بجا بودن برای برداشت کل مزرعه به ASAE EP496، بند ۸ رجوع شود).

۸–۷ ارزش های k برای چند عملیات مشخص شده اند(جدول٦.).

جدول٦. ارزش های k، بدست آمده۹ از گزارشات تحقیق زراعی

www.agrimechanization.com

Operation	K
Tillage (depends on whether planting is delayed by prior tillage)	0.000-0.010
Seeding	
Corn	
Indiana, Illinois, Iowa, Eastern Nebraska, Eastern Kansas	
Available moisture in root zone at planting, cm	
10 April 0.010 May 0.000 June −0.002	
20 April 0.006 May 0.001 June −0.003	
30 April 0.003 May 0.004 June −0.007	
Wheat	
Utah	0.008
North Dakota	0.007
Soybeans	
Wisconsin, May & June	0.005
Missouri, Illinois, June	0.006
Double crop after wheat, Illinois	0.010
Cotton	
Lubbock, Texas	
April	0.004
May	0.020
Mississippi, April & May	0.007
Barley	
Utah	0.008
North Dakota	0.007
Oats	
Illinois & Michigan	0.010
Wisconsin, after May 6	0.012
Alabama, Fall	0.000
Utah	0.008
Rape	
Manitoba	0.003
Rice	
California, May	0.010
Row cultivation	
Illinois, soybeans	0.011
Rotary hoeing	
Iowa, soybeans	0.028
Harvest	
Haymaking, Michigan, June	0.018
Shelled corn, Iowa	0.003
Ear corn, Illinois, after Oct. 26	0.007
Soybeans, Illinois (depends on variety)	0.006–0.010
Wheat, Ohio	0.005
Cotton, Alabama	0.002
Rice, California	0.009
Sugar Cane, Queensland Australia	
preoptimum	0.002
postoptimum	0.003

منبع ترجمه:

ASAE D497.4 JAN98
Agricultural Machinery Management Data

American Society of Agricultural Engineers

[i] Compromising
[ii] Motion Resistance
[iii] Prime Mover
[iv] Earth Moving
[v] Static Radial Tire Deflections
[vi] Undeflected Tire Section Height
[vii] Rolling Resistance
[viii] Motion Resistance
[ix] Soil Strength
[x] Range
[xi] Failure

www.agrimechanization.com