



انتخاب بهترین ادوات خاک‌ورز به لحاظ مصرف بهینه انرژی با استفاده از روش تحلیل ساده وزنی شده

کوروش اندکایی زاده^۱ - محمد جواد شیخ داودی^{۲*} - محمد اسماعیل خراسانی فردوانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۲

چکیده

عملیات خاک‌ورزی از جمله عملیات‌هایی است که در کشاورزی با مصرف زیاد انرژی همراه است. از این رو بهینه کردن میزان مصرف انرژی در عملیات خاک‌ورزی بسیار با اهمیت است. در این تحقیق با استفاده از روش مدیریتی ساده وزنی شده دستگاه مناسب با توجه به معیارهای مختلف انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. این آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده، بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه نوع ادوات خاک‌ورز (گاواهن برگرداندار، گاواهن بشقابی و هرس بشقابی) در ۴ سرعت پیشروی مختلف (۳، ۴، ۵، ۶ کیلومتر بر ساعت) و عمق‌های مختلف که محدوده عمقی با توجه به نوع ادوات انتخاب شد و این آزمایش در خاک رسی لومی با میزان رطوبت ۱۸/۹ درصد (بر پایه خشک) انجام شد. پارامترهای کشش ویژه (کیلونیوتون بر متر)، مصرف سوخت (لیتر بر ساعت)، درصد لغزش، توان مالبندی (کیلوات)، بازده کششی و بازده کلی انرژی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در سرعت‌های کم و عمق‌های زیاد گاواهن برگرداندار مصرف بهینه انرژی دارد و در عمق‌های زیاد و سرعت زیاد هرس بشقابی میزان مصرف بهینه انرژی را داشت. گاواهن بشقابی از نظر مصرف بهینه انرژی نسبت به دو ادوات دیگر به‌عنوان گزینه مطلوب انتخاب شد، زیرا در روش تحلیل ساده وزنی شده دارایی ضریب ترکیبی بیشتر در اکثر شرایط کاری (عمق‌شخم و سرعت پیشروی مختلف) است.

واژه‌های کلیدی: ادوات خاک‌ورزی، انرژی، سیستم، ساده وزنی شده

مقدمه

شده از سیستم‌های مورد بررسی بیان می‌کند، کدام سیستم (در کشاورزی منظور از سیستم نوع تراکتور، نوع ادوات، روش‌های خاک‌ورزی، کاشت و برداشت و غیره می‌باشد) عملکرد بهتری داشته است.

مهم‌ترین عامل مصرف انرژی در تراکتور مصرف سوخت است زیرا سوخت به‌عنوان منبع انرژی برای انجام کار و کمک به پیشروی تراکتور همراه با ادوات، مورد نیاز می‌باشد (Smith et al., 1993). نیروی کشش ویژه^۵ یکی از مهم‌ترین نیروهایی است که برای اندازه‌گیری انرژی لازم ادوات خاک‌ورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mehni and Maleki, 2013). که بیان می‌کند به ازای یک متر عرض کار دستگاه ادوات خاک‌ورز چند کیلونیوتون از نیروی مالبند را به‌طور بهینه مصرف می‌کند. از حاصل ضرب نیروی کششی در سرعت پیشروی، عاملی به‌عنوان توان مالبندی^۶ به‌دست می‌آید. توان مالبندی (توان کششی) در کشاورزی مکانیزه، متداول‌ترین روش

بخش عمده مصرف انرژی در کشاورزی مکانیزه مربوط به عملیات خاک‌ورزی می‌باشد (Hashemi and Minaei, 1995). بیش از ۵۰ درصد انرژی مصرفی در کشاورزی صرف خاک‌ورزی می‌شود (Al-Suhaibani et al., 2010). به‌همین دلیل استفاده بهینه از انرژی در بخش کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. هدف از انجام این تحقیق ارائه روش مدیریتی ساده وزنی شده^۴ برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشاورزی است که با توجه به معیارهای اندازه‌گیری

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی مکانیزاسیون، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*) نویسنده مسئول: (Email: Javad1950@gmail.com)

۳- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شهید چمران اهواز

DOI: 10.22067/jam.v7i1.48464

4-Simple additive weights

5- Specific draught

6- Power drawbar

توسط خیرلا و همکاران برای سه دستگاه گاواهن برگرداندار، گاواهن بشقابی و هرس بشقابی با استفاده از روش ساده وزنی شده تحلیل صورت گرفته است. روش ساده وزنی شده یک روش مدیریتی است که قدرت تصمیم‌سازی^۴ را برای یک مدیر فراهم می‌کند (Heragu, 1997). اساس روش ساده وزین شده به این صورت است که مجموع وزن عملکرد پارامترها که هر کدام دارای ویژگی‌های مختلفی هستند به دست آورده می‌شود (MacCrimmon, 1968; Chen and Hwang, 1992). روش ساده وزین شده شامل دو گام اساسی که عبارتند از: (۱) بدون بعد کردن همه پارامترها برای مقایسه کردن، (۲) جمع کردن ارزش‌های همه پارامترها (Hwang and Yoon, 1981; Kabassi and Virvou, 2004).

مواد و روش‌ها

در این تحقیق سه ادوات گاواهن برگرداندار، گاواهن بشقابی و هرس بشقابی به‌عنوان سه سیستم به‌ترتیب با نام‌های A، B و C نام‌گذاری شدند و در سرعت‌های پیشروی ۳، ۴، ۵، ۶ کیلومتر بر ساعت و در عمق‌های مختلف برای هر دستگاه با توجه به نوع کار آن‌ها انتخاب شد (هرس بشقابی چون جزء ادوات خاک ورز ثانویه می‌باشد که میزان عمق کاری آن از ادوات خاک‌ورز اولیه (گاواهن برگرداندار و گاواهن بشقابی) کمتر است). در این تحقیق پارامتر مصرف سوخت با یک جریان‌سنج الکتریکی^۵، سرعت پیشروی به‌وسیله رادار دوپلر^۶، لغزش چرخ به‌وسیله یک پروکسی^۷ سنسور (سنسور الکترو مغناطیسی)، نیروی کششی به‌وسیله یک دینامومتر اتصال سه نقطه، اندازه‌گیری شدند. عمق شخم بوسیله سیستم (Depth-Knob control) ثابت نگاه داشته شد (Kheiralla et al., 2004). برای مقایسه مناسب بین ادوات خاک‌ورزی عمق‌ها به‌صورت عمق کم (گاواهن برگرداندار ۱۲/۴ سانتیمتر، گاواهن بشقابی ۱۲/۳ سانتیمتر و هرس بشقابی ۱۲/۴ سانتیمتر)، عمق متوسط (گاواهن برگرداندار ۱۸ سانتیمتر، گاواهن بشقابی ۱۷/۴ سانتیمتر و هرس بشقابی ۱۵/۲ سانتیمتر) و عمق زیاد (گاواهن برگرداندار ۲۳/۵ سانتیمتر، گاواهن بشقابی ۲۳/۴ سانتیمتر و هرس بشقابی ۱۷/۲ سانتیمتر) به‌صورت جداول (۱)، (۲) و (۳) طبقه‌بندی شد. در جدول ۴ با توجه به معیارهای اندازه‌گیری شده، سیستم‌های A، B و C جداسازی شدند. که به همین ترتیب برای عمق‌های متوسط و زیاد تفکیک‌های لازم صورت گرفت. پارامترها به‌صورت C₁، C₂، C₃، C₄، C₅ و C₆ تقسیم‌بندی شدند

استفاده از توان موتور تراکتور است (Lotfi et al., 2007). توان کششی تراکتور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و مهمترین عامل در ارزیابی و تعیین عملکرد تراکتور محسوب می‌شود. تحقیقات نشان داده است، حدود ۲۰ تا ۵۵ درصد از توان مالبندی در دسترس تراکتور توسط ادوات کشنده خاک‌ورز تلف می‌شود (Hamzeh nezhad et al., 2013). لغزش یکی از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر راندمان کششی ادوات کشنده است و نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان توان قابل حصول از تراکتور را بر عهده دارد (Moradi and mardani, 2008). لغزش باعث اتلاف سرعت چرخ محرک می‌شود و چون میزان توان مالبندی وابستگی زیادی به سرعت پیشروی دارد، از این رو وجود لغزش در چرخ محرک باعث می‌شود که تراکتور از توان مالبندی به خوبی استفاده نکند، میزان لغزش مناسب برای اکثر کارهای کشاورزی طبق استانداردهای ASABE بین ۱۵-۱۰ درصد تعیین شده است. بازده کششی یکی از پارامترهای مهم در مصرف انرژی تراکتور است که نشان می‌دهد چه مقدار از توان اکسل^۱ به توان مالبندی تبدیل شده است که از رابطه (۱) به‌دست می‌آید.

$$TE = \frac{P_{db}}{P_{axle}} \quad (1)$$

که در آن، P_{db} توان مالبندی بر حسب کیلووات، P_{axle} توان اکسل بر حسب کیلووات.

بازده کلی انرژی^۲ شامل تطبیق بار روی تراکتور و ادوات متصل به آن، و عملکرد موتور در هنگام کار است که ارزش استفاده از کشش ادوات را نشان می‌دهد و بر حسب درصد بیان می‌شود که از رابطه (۲) به‌دست می‌آید (Kheiralla et al., 2004).

$$OEE = \frac{P_{db}}{HV \times FC \times C_e} \quad (2)$$

که در آن، HV ارزش حرارتی سوخت بر حسب (MJ Lit⁻¹)، FC مصرف سوخت بر حسب (Lit ha⁻¹)، C_e ظرفیت مزرعه‌ای بر حسب (ha h⁻¹) و P_{db} توان مالبندی بر حسب (MJ h⁻¹).

خیرالا و همکاران (۲۰۰۴) پژوهشی را با عنوان مدل‌سازی قدرت و انرژی مورد نیاز ادوات خاک‌ورزی در خاک لوم رسی شنی سردانگ^۳ در مالزی انجام دادند. در این پژوهش تأثیر سرعت پیشروی و عمق شخم بر روی کشش و قدرت مورد نیاز ادوات خاک‌ورزی مورد بررسی قرار گرفت. ادوات خاک‌ورزی شامل گاواهن برگرداندار، هرس بشقابی، گاواهن بشقابی و روتیواتور بودند و براساس عامل‌های سرعت پیشروی و عمق شخم (برای روتیواتور بجای عمق شخم سرعت روتور در نظر گرفته شد) با استفاده از مدل‌های رگرسیونی فرمول‌بندی شدند. در این تحقیق از پارامترهای اندازه‌گیری شده

- 4- Decision making
- 5- Micro-ovall
- 6- Doppler radar
- 7- Proxy

- 1- Power axle
- 2- Overall efficiency energy (OEE)
- 3- Serdang

واحدهای متفاوتی هستند. به همین دلیل برای مقایسه مناسب عمل بدون بعد کردن پارامترها انجام می‌شود. طبق رابطه (۳) ماتریس P_{ij} را تشکیل داده شد (Shakouri *et al.*, 2014). در این پژوهش فاکتورهای مصرف سوخت و لغزش به ترتیب C_2 ، C_3 به عنوان عامل‌های منفی در نظر گرفته شدند که از رابطه (۴) به دست می‌آیند.

و پس از تشکیل ماتریس هر درایه آن F_{ij} نامیده شد. این ماتریس به صورت 3×6 است که ردیف‌ها نشان‌دهنده سیستم‌ها است که مقدار آن ۳ (سیستم‌های A، B و C) است و ستون‌ها نشان‌دهنده پارامترها می‌باشد که تعداد آنها ۶ است.

گام اول: برای مقایسه، تمام پارامترها را به کل تقسیم می‌کنیم تا بدون بعد شوند (به این دلیل که پارامترهای مورد اندازه‌گیری دارای

جدول ۱- میزان پارامترهای مورد مطالعه برای کار در عمق‌های کم

Table 1- The calculated amount of studied parameters for working in low depth

ادوات (سیستم) Implements (System)	سرعت پیشروی Forward) (Speed (km h ⁻¹)	کشش ویژه Specific) (Draught (kN m ⁻¹)	مصرف سوخت fuel) (Consumption (Lit ha ⁻¹)	لغزش (Slip) (%)	توان مالبندی Power) (Drawbar (kW)	بازده کششی Traction) (Efficiency (%)	بازده بهره وری انرژی Overall) Efficiency (Energy (%)
گاواهن برگرداندار (Moldboard) (Plow)	3	6.2	17.6	5	5.1	50	8
	4	7.4	15	6	8	61	13
	5	8.1	14.8	6	11	58	14
	6	9.4	14.3	7	15.3	67	17
گاواهن بشقابی (Disk Plow)	3	5.9	16.4	5	5.3	52	9
	4	7.5	15.6	8	9	61	13
	5	8.1	14.4	7	12.1	61	15
	6	10.1	12.6	8	18.2	75	20
هرس بشقابی (Disk Harrow)	3	2.6	8.1	17	6.7	48	9
	4	3.2	7.3	19	10.5	53	11
	5	3.5	6.6	20	14.2	55	14
	6	3.7	5.7	22	17.6	56	16

جدول ۲- میزان پارامترهای مورد مطالعه برای کار در عمق‌های متوسط

Table 2. The calculated amount of studied parameters for working in middle depth

ادوات (سیستم) Implements (System)	سرعت پیشروی Forward) (Speed (km h ⁻¹)	کشش ویژه Specific) (Draught (kN m ⁻¹)	مصرف سوخت fuel) (Consumption (Lit ha ⁻¹)	لغزش (Slip) (%)	توان مالبندی Power) (Drawbar (kW)	بازده کششی Traction) (Efficiency (%)	بازده بهره وری انرژی Overall) Efficiency (Energy (%)
گاواهن برگرداندار (Moldboard) (plow)	3	8	24.6	9	6.5	54	9
	4	9	21.2	10	9.8	61	11
	5	11.2	19.6	12	15.3	61	15
	6	12.7	19.1	15	20.7	64	17
گاواهن بشقابی (Disk plow)	3	7.1	20.6	8	6.4	55	10
	4	8.9	17.6	9	10.7	54	13
	5	9.8	15.2	9	14.7	68	17
	6	11.6	14.6	12	20.9	70	20
هرس بشقابی (Disk harrow)	3	3.1	8.8	18	7.5	54	10
	4	3.4	7.5	19	11.1	53	12
	5	4	6.7	21	16.4	57	16
	6	4.1	6.4	20	19.8	62	16

جدول ۳- میزان پارامترهای مورد مطالعه برای کاردر عمق‌های زیاد

Table 3- The calculated amount of studied parameters for working in high depth

ادوات (سیستم) Implements (System)	سرعت پیشروی Forward) (Speed (km h ⁻¹)	کشش ویژه Specific) (Draught (Kn m ⁻¹)	مصرف سوخت Fuel) (Consumption (Lit ha ⁻¹)	لغزش (Slip) (%)	توان مالبندی Power) (Drawbar (kW)	بازده کششی Traction) (Efficiency (%)	بازده بهره وری انرژی Overall) Efficiency (Energy (%)
گاواهن برگرداندار (Moldboard plow)	3	9.5	23.1	10	7.8	55	13
	4	10.4	23.4	12	11.6	58	12
	5	12.9	21.7	15	17.5	56	14
	6	14.9	20.4	19	24.4	65	18
گاواهن بشقابی (Disk plow)	3	8.4	22.7	10	7.6	57	10
	4	9.5	19.4	11	11.4	63	13
	5	11.1	18	14	16.7	64	16
	6	13.8	18.2	17	24.8	66	19
هرس بشقابی (Disk harrow)	3	3.4	9.2	19	8.4	55	10
	4	3.8	8.1	21	12.3	60	12
	5	4.3	7.6	20	17.6	63	15
	6	4.5	6.6	22	21.7	67	17

جدول ۴- تشکیل ماتریس F_{ij} با توجه به معیارهای مورد اندازه‌گیری در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت در عمق‌های کمTable 4. Formation of the r_{ij} matrix according to the criteria for measuring at the speed of 3 km h⁻¹ in low depth

سیستم‌ها (Systems)	کشش ویژه Specific) (Draught (KN m ⁻¹)	مصرف سوخت fuel) (Consumption (Lit ha ⁻¹)	لغزش (Slip) (%)	توان مالبندی Power) (Drawbar (kW)	بازده کششی Traction) (Efficiency (%)	بازده بهره‌وری انرژی Overall) Efficiency (Energy (%)
A	6.2	17.6	5	5.1	50	8
B	5.9	16.4	5	5.3	52	9
C	2.6	8.1	17	6.7	48	9
مجموع (Total)	14.7	42.1	27	17.1	150	26

میزان F_{ij} نماد آرایه‌های ماتریس است که i تعداد پارامترها و j تعداد سیستم‌ها است.

برابر ۳ است (مقدار سیستم‌ها).

رابطه (۷) درجه انحراف از اطلاعات را نشان می‌دهد و بیان می‌کند که چقدر معیارها برای تصمیم‌گیری در مورد سیستم‌ها مؤثر هستند و رابطه (۸) وزن یا ارزش هر معیار را محاسبه می‌کند (Shakouri et al., 2014).

$$D_j = 1 - E_j \quad (7)$$

$$W_j = \frac{D_j}{\sum D_j} \quad (8)$$

همه موارد بالا برای عمق‌های کم در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت محاسبه و در جدول ۵ و ۶ نشان داده شده است و بقیه موارد برای عمق‌های متوسط و زیاد در سرعت‌های مختلف به صورت مشابه براساس روابط (۳) تا (۸) محاسبه می‌شوند.

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum r_{ij}} \quad (3)$$

$$P_{ij} = 1 - \frac{r_{ij}}{\sum r_{ij}} \quad (4)$$

اعداد به‌دست آمده از تشکیل ماتریس P_{ij} را طبق رابطه (۵) به‌دست آورده شد و مجموع اعداد را در رابطه (۶) قرار داده شد.

$$P_{ij} \times \ln(P_{ij}) \quad (5)$$

$$E_j = -\frac{1}{\ln(m)} \cdot \sum_{i=1}^m P_{ij} \cdot \ln(P_{ij}) \quad (6)$$

رابطه (۶) میزان عدم قطعیت اطلاعات را به‌وسیله بدون بعد کردن داده‌ها در ماتریس P_{ij} نشان می‌دهد و همچنین ظرفیت مورد نیاز عدم قطعیت همه اطلاعات را نشان می‌دهد (Balocco and Verdesca., 2007). m تعداد سطر ماتریس است که در این پژوهش

جدول ۵- تشکیل ماتریس P_{ij} با توجه به معیارهای مورد اندازه‌گیری در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت در عمق‌های کم

Table 5- Formation of the P_{ij} matrix according to the criteria for measuring at the speed of 3 km h⁻¹ in low depth

P_{ij}	کشش ویژه (Specific Draught) C1(kN.m ⁻¹)	مصرف سوخت (Fuel Consumption) Lit.ha ⁻¹) C2	لغزش (Slip) (%) C3	توان مالبندی (Power Drawbar) (kW) C4	بازده کششی (Traction) (Efficiency (%) C5	بازده بهره‌وری انرژی (Overall Efficiency) (Energy (%) C6
A	0.421	0.581	0.814	0.298	0.33	0.307
B	0.4013	0.61	0.814	0.309	0.34	0.346
C	0.176	0.807	0.37	0.391	0.32	0.346

جدول ۶- محاسبه W_j با توجه به معیارهای مورد اندازه‌گیری در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت در عمق‌های کم

Table 6- Calculation of W_j according to the criteria for measuring at the speed of 3 km h⁻¹ in low depth

$P_{ij} * L_n$ (P_{ij})	کشش ویژه (Specific) (Draught C1(kN.m ⁻¹)	مصرف سوخت (Fuel) (Consumption Lit ha ⁻¹) C2	لغزش (Slip) (%) C3	توان مالبندی (Power) (Drawbar (kW) C4	بازده کششی (Traction) (Efficiency (%) C5	بازده بهره‌وری انرژی (Overall Efficiency) (Energy (%) C6
A	-0.364	-0.315	-0.16	-0.36	-0.366	-0.362
B	-0.366	-0.301	-0.16	-0.363	-0.367	-0.367
C	-0.306	-0.172	-0.367	-0.367	-0.364	-0.367
total	-1.036	-0.788	-0.701	-1.091	-1.098	-1.097
E_j	0.943	0.718	0.638	0.993	0.99	0.998
D_j	0.056	0.281	0.361	0.006	0.0004	0.0013
W_j	0.079	0.398	0.51	0.009	0.0006	0.0019

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{r_{ij(max)}} \quad (9)$$

$$n_{ij} = 1 - \frac{r_{ij}}{r_{ij(max)}} \quad (10)$$

ماتریس n_{ij} طبق رابطه (۹) تشکیل داده شد و داده‌ها به‌عنوان حالت بهینه از داده‌ها نرمال‌سازی شد. رابطه (۱۰) برای معیارهای منفی به‌کار می‌رود. در جدول ۷ ماتریس n_{ij} برای عمق کم در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت با توجه به معیارهای محاسبه شده نشان داده شده است.

جدول ۷- تشکیل ماتریس n_{ij} با توجه به معیارهای مورد اندازه‌گیری در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت در عمق‌های کم

Table7- Formation of the n_{ij} matrix according to the criteria for measuring at the speed of 3 km h⁻¹ in low depth

N_{ij}	کشش ویژه (Specific) (Draught C1(kN m ⁻¹)	مصرف سوخت (Fuel) (Consumption Lit ha ⁻¹) C2	لغزش (Slip) (%) C3	توان مالبندی (Power) (Drawbar (kW) C4	بازده کششی (Traction) (Efficiency (%) C5	بازده بهره‌وری انرژی (Overall Efficiency) (Energy (%) C6
A	1	0	0.705	0.761	0.961	0.88
B	0.951	0.068	0.7062	0.791	1	1
C	0.419	0.539	0	1	0.923	1

با توجه به پارامترهای اندازه‌گیری شده براساس وزن محاسبه شده (W_j) و نرمال‌سازی داده‌ها (n_{ij}) بهترین حالت را برای مصرف بهینه انرژی دارد و طبق رابطه (۱۱) به‌دست می‌آید و تمام ضرایب ترکیبی

گام دوم: به‌دست آوردن یک ضریب ترکیبی برای سیستم‌های مورد بررسی است (به‌صورت A^* ، B^* و C^* نشان داده می‌شود) که بتوان برای این سیستم‌ها تصمیم‌سازی صورت بگیرد که کدام سیستم

$$A^* = \frac{\sum(n_{ij} \times W_j)}{\sum W_j}$$

(۱۱)

برای حالات کاری مختلف عمق شخم و سرعت پیشروی در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸ - میزان ضرایب ترکیبی محاسبه شده برای سیستم‌های A، B و C

Table 8- The combination coefficients calculated for systems A, B and C

سرعت پیشروی (Forward Speed) (km h ⁻¹)	عمق پایین (Low Depth)				عمق متوسط (Medium Depth)				عمق بالا (High Depth)			
	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6
A*	0.449	0.443	0.437	0.433	0.326	0.322	0.302	0.239	0.328	0.297	0.231	0.201
B*	0.473	0.377	0.424	0.469	0.413	0.42	0.452	0.397	0.321	0.386	0.313	0.276
C*	0.26	0.271	0.271	0.295	0.328	0.334	0.337	0.347	0.314	0.337	0.342	0.352

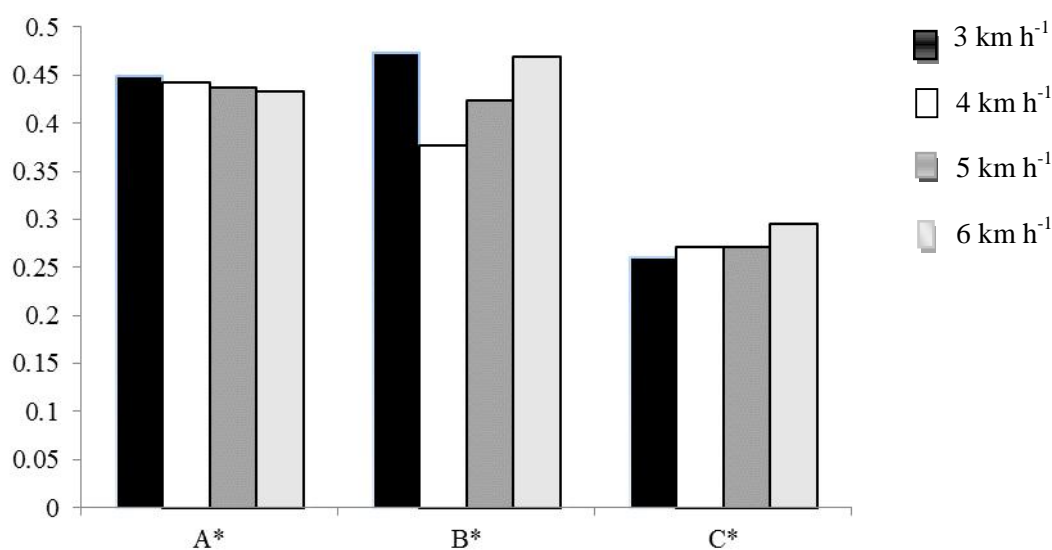
نتایج و بحث

نشان داد که کشش ویژه، توان مالبندی و مصرف سوخت ارتباط معنی‌داری با ادوات و سرعت پیشروی داشتند. کمترین نیروی کششی و توان مالبندی برای گاوآهن برگرداندار به دست آمد. کمترین کشش ویژه و مصرف سوخت برای دستگاه ترکیبی مشاهده شد. بیشترین مصرف سوخت، نیروی کششی و توان مالبندی برای گاوآهن بشقابی مشاهده شد (Celik *et al.*, 2007). سرانو و همکاران (۲۰۰۷) به مطالعه بر روی انرژی مورد نیاز یک هرس بشقابی پرداختند. کششی که برای هرس بشقابی تخمین زده شد علاوه بر اینکه به جرم دستگاه و نوع خاک بستگی داشت به سرعت پیشروی، عمق کار و شرایط خاک هم وابسته بود. در این پژوهش معادلات رگرسیونی از کشش دستگاه براساس جرم دستگاه (بین ۱۰۰۰ تا ۳۵۰۰ کیلوگرم)، عرض دستگاه (بین ۲ تا ۴ متر) و سرعت پیشروی (بین ۶ تا ۸ کیلومتر بر ساعت) به دست آمد. نتایج نشان داد که در سرعت ۸ کیلومتر بر ساعت میزان نیروی کشش در حد مناسبی قرار دارد (Serrano *et al.*, 2007). مقاله مورد بررسی با روش SAW نشان داد که در سرعت‌های بالا و عمق زیاد هرس بشقابی از لحاظ مصرف بهینه انرژی در حد مطلوب است.

نتیجه‌گیری

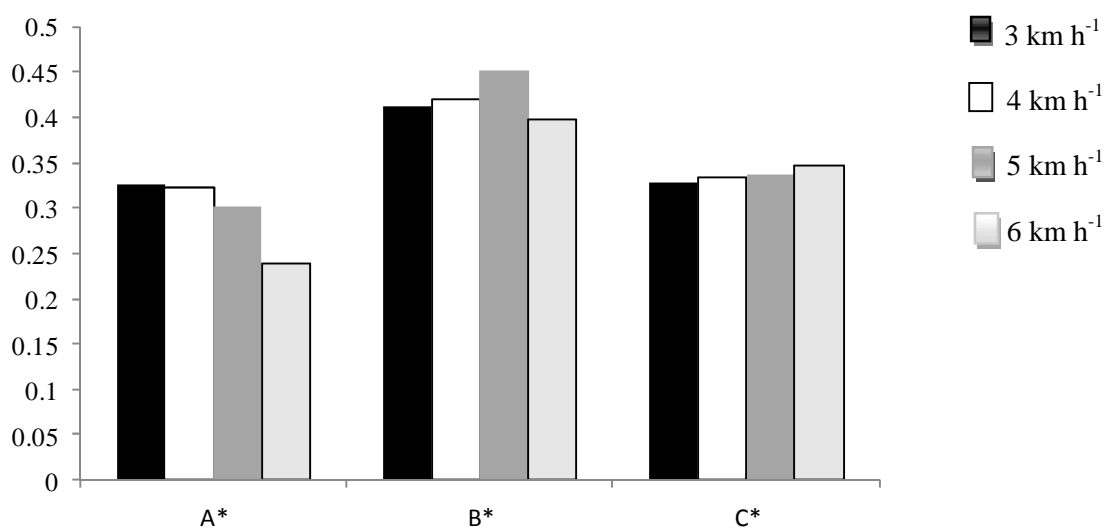
نتایج نشان داد که در کل گاوآهن بشقابی از نظر مصرف انرژی در وضعیت بهینه و شرایط مطلوب‌تری قرار داشت. برای عمق‌های بالای کاری استفاده از هرس بشقابی توصیه می‌شود، چرا که دارای وضعیت بهتری از نظر مصرف بهینه انرژی نسبت به سایر ادوات است. در عمق‌های کم استفاده از هارو دیسکی بهینه نیست، چون دارای لغزش و بازده کششی کمتری نسبت به سایر ادوات است. استفاده از گاوآهن برگرداندار در عمق‌های کم و در سرعت‌های متوسط ۴ و ۵ کیلومتر بر ساعت، دارای مصرف بهینه انرژی بود.

نتایج حاصل از جدول ۸ نشان می‌دهد هر سیستم که میزان ضریب ترکیبی بالاتری دارد از نظر مصرف انرژی عملکرد بهینه‌تری دارد که در قالب شکل‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. ضریب ترکیبی روشی است که تمام سیستم‌ها را با توجه به معیارهای آنها ارزش‌گذاری می‌کند که معیارها با توجه به هدفی که در پژوهش داریم، به صورت معیارهای مثبت و منفی طبقه‌بندی می‌شوند و در تمام مسائل آن سیستمی که ضریب ترکیبی بالاتری داشت کارایی بهینه‌تری دارد. خیرالا و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از روش‌های آماری نشان دادند که هرس بشقابی بازده مصرف انرژی بهتری (از لحاظ مصرف سوخت و انرژی ویژه) نسبت به سایر ادوات خاکورزی شامل گاوآهن بشقابی و برگرداندار دارد. روش ساده وزین شده بهینه بودن انرژی مصرفی را در شرایط مختلف به طور جزئی بیان می‌کند و حل‌کننده مشکلات در بخش‌های کاری مختلف است (Chou *et al.*, 2008). به کمک روش SAW می‌توان با ترکیب پارامترهای مختلف در شرایط مختلف، عملکرد سیستم‌ها را مورد ارزیابی قرار داد (Wang, 2015). همانطور که در این پژوهش با پارامترهای سرعت پیشروی و عمق‌های مختلف که بیانگر شرایط مختلف برای ادوات خاک‌ورزی هستند، عملکرد سیستم‌های A، B و C (به ترتیب ادوات گاوآهن برگرداندار، گاوآهن بشقابی و هرس بشقابی) مورد بررسی قرار گرفت. کلیک و همکاران (۲۰۰۷) بر روی مقایسه انرژی سه دستگاه، گاوآهن برگرداندار، گاوآهن بشقابی و گاوآهن ترکیبی (برگردان + بشقاب) مطالعه کردند. این پژوهش در یک مزرعه کلسی گندم انجام و کشش و انرژی ویژه هر سه دستگاه با سه خیش مورد بررسی قرار گرفت و کشش، سرعت پیشروی و مصرف سوخت اندازه‌گیری شدند. عمق کار ثابت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و سرعت پیشروی در سه سطح ۴/۵، ۵/۴ و ۶/۳ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شد. نتایج



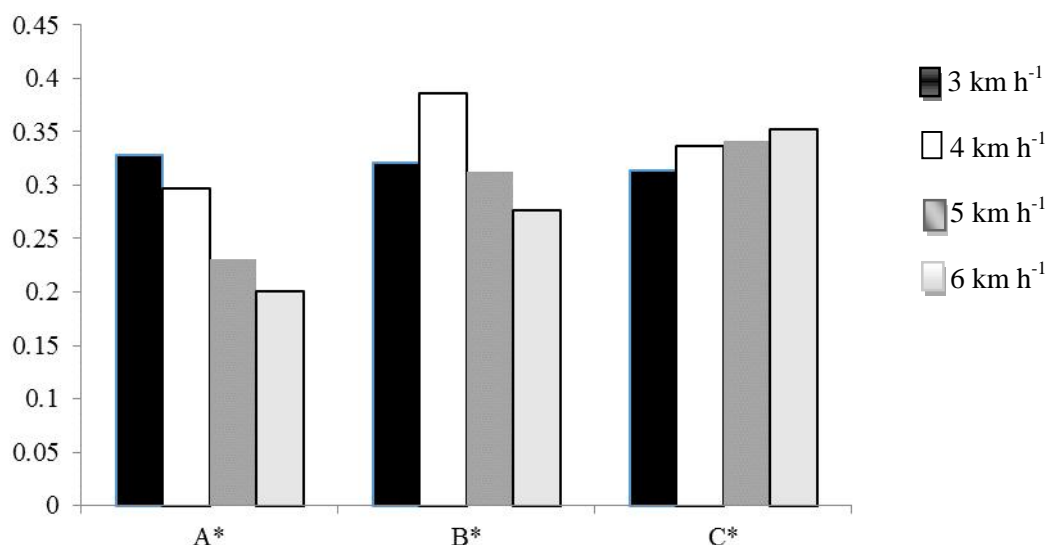
شکل ۱- مقایسه ضرایب ترکیبی سیستم‌های A، B، C در عمق‌های کم و سرعت‌های پیشروی مختلف

Fig. 1. Comparison of the system combination coefficients of A, B and C at low depth and various forward speeds



شکل ۲- مقایسه ضرایب ترکیبی سیستم‌های A، B و C در عمق‌های متوسط و سرعت‌های پیشروی مختلف

Fig. 2. Comparison of system combination coefficients of A, B and C at the middle depth and various forward speeds



شکل ۳- مقایسه ضرایب ترکیبی سیستم‌های A، B، C در عمق‌های بالا و سرعت‌های پیشروی مختلف

Fig. 3. Comparison of system combination coefficients of A, B and C at the high depth and various forward speeds

References

1. Al-Suhaibani, S. A., and A. E. Ghaly. 2010. Effect of Plowing Depth of Tillage and Forward Speed on the Performance of a Medium Size Chisel Plow Operating in a Sandy Soil. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 5 (3): 247-255.
2. Balocco, C., and D. Verdesca. 2007. Shannon entropy for energy technologies ex-ante evaluation. *International Journal of Environmental Technology and Management*: 7(1/2): 197-217.
3. Chen, S. J., and C. L. Hwang. 1992. *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York.
4. Chou, Sh. Y., Y. H. Chang, and Ch. Y. Shen. 2008. A fuzzy simple additive weighting system under group decision-making for facility location selection with objective/subjective attributes. *European Journal of Operational Research* 189: 132-145.
5. Celik, A., M. Gokalp Boydas, and N. Turgut. 2007. Comparison of the Energy Requirements of an Experimental Plow, a Moldboard Plow and a Disk Plow. *The Philippine Agricultural Scientist* 90 (2): 173-178.
6. Hashemi, A., and S. Minaei. 1995. Design and construction of rotary tillage dish. Ministry of Science, Research and Technology University of Tarbiat Modares. Tehran. (In Farsi).
7. Hamzeh nezhad, A., S. Shokohi, A. Askari Asli ardeh, and Y. Abbaspor gillandeh. 2013. Check draught needed to moldboard plow the double-sided revolving Tiller. First National Conference on e-agriculture and sustainable natural resources. Institute of Higher Education mehr Arvand. Abadan. (In Farsi).
8. Heragu, S. 1997. *Facilities Design*. PWS Publishing, Boston. Massachusetts.
9. Hwang, C. L. and K. Yoon. 1981. *Multiple Attribute Decision Making – Method and Applications, A State-of-the-Art Survey*. Springer-Verlag, New York.
10. Kabassi, K., and M. Virvou. 2004. Personalised adult e-training on computer use based on multiple attribute decision making. *Interacting with Computers* 16: 115-132.
11. Kheiralla, A. F., A. Yahya, M. Zohadie, and W. Ishak. 2004. Modeling of power and energy requirements for tillage implements operating in serdang sandy clay loam, Malaysia. *Soil & Tillage Research* 78: 21-34.
12. Lotfi, D., A. Hemat, and M. R. Seraf. 2007. Construction and plant test dynamometer and tachometer fifth wheel tractor. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. Tehran. (In Farsi).
13. Mehni, A., and M. R. Maleki. 2013. A review of the various methods for measuring the tensile force required tillage. First National Conference on e-agriculture and sustainable natural resources. Institute of Higher

- Education mehr Arvand. Abadan. (In Farsi).
14. Moradi, M. and A. mardani. 2008. Design, simulation and manufacturing electronic slip for 2WD tractors. Fifth National Congress of Agricultural Engineering and Mechanization. Tehran (In Farsi).
 15. MacCrimmon, K.R. 1968. Decision making among multiple attribute alternatives: A survey and consolidated approach. RAND Memorandum, RM-4823-ARPA.
 16. Smith, L.A. 1993. Energy requirements for selected crop production implements. Soil and Research, 25, 281-299.
 17. Shakouri, H., M. Nabaee, and S. Aliakbarisani. 2014. A quantitative discussion on the assessment of power supply technologies: DEA (data envelopment analysis) and SAW (simple additive weighting) as complementary methods for the "Grammar". Energy (64): 640-647.
 18. Serrano, M. J., O. J. Peca, M. Da silva, A. Pinheiro, and M. Carvalho. 2007. Tractor energy requirements in disc harrow systems. Elsevier. Biosystems Engineering 286-296.
 19. Wang, Y. J. 2015. A fuzzy multi-criteria decision-making model based on simple additive weighting method and relative preference relation. Applied Soft Computing 30: 412-420.

The selection of best tillage implements in terms of energy use efficiency using simple additive weighting methodology

K. Andekaeizadeh¹- M. J. Sheykh Davodi^{2*} - M. E. Khorasani Fardavani³

Received: 15-07-2015

Accepted: 04-10-2015

Introduction

Main part of energy consumption in agricultural mechanization is tillage operations therefore optimization of energy consumption in tillage operation is very important. A management method for system to optimize in agriculture is Simple Additive Weighting (SAW) methodology that this method can operate according to criteria of the systems. This method states that, which system has better performance? (for example the system for agricultural tractors, type of implements, methods of tillage, planting and harvesting, and etc). Fuel consumption is the most important factor in terms of energy consumption in tractor because the fuel energy contributes to help tractor to work. Specific draught is important force that measured for investigation of energy consumption of tillage implements, it can show the amount of drawbar force that optimized (for work width 1 meter implements tillage) by using this method. The multiplication of the drawbar force in forward speed factor resulted drawbar power. The most common method is using of tractors drawbar power in mechanized agriculture. Important factor for assessment and determination performance of tractor is drawbar power. Several studies have been showed that about 20 to 55% of available drawbar power was wasting by implements tillage. Another important parameters that affect on traction efficiency pull's machine is slip. A simple additive weighting two-step procedure involving basic weighted as follows: (1) scale the values of all attributes to make them comparable; (2) sum up the values of the all attributes for each alternative.

Materials and Methods

In this study, three implements tillage were studied including moldboard plow, disk plow and disk harrow and they called A, B and C, respectively. Three different forward speeds of 3, 4, 5, 6 Km/h for each implements were selected according to the type of work at various depths. In this study fuel consumption factor was measured by means of micro-oval flow meter, forward speed was measured by a Doppler radar, Slip was measured by Proxy Sensor, and drawbar force was measured by a three point auto hitch dynamometer. Depth tillage was maintained by depth-knob control system. tillage implements for comparison proper class was rated tables (1), (2) and (3) that includes low depth (12.4 cm moldboard plow, disk plow 12.3 cm and 12.4 cm disk harrow), middle depth (18 cm moldboard plow, disk plow 17.4 cm and 15.2 cm disk harrow) and the high depth (23.5 cm moldboard plow, disk plow 23.4 cm and 17.2 cm disk harrow).

Results and Discussion

The results of Table 5 shows a higher combined ratio of the amount of energy that is optimum performance in the form of (1), (2) and (3). Also Combined ratio is a way that the whole system will be valued according to their criteria that objective criteria according to the study, we classified as positive and negative criteria and all its problems the system had a higher combined ratio than the rest of the system is the optimal system performance. Kheiralla *et al*, (2004) in their research used statistical methods and indicated that energy efficiency disk harrow, disk plow and moldboard plow was better than the other devices but Simple Additive Weight way of energy efficiency in different conditions partially expressed.

Conclusions

The results showed that disk plow in different depth tillage and forward speed, has higher energy efficiency.

1- M.Sc. Student in Agriculture Mechanization, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

2- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

3- Assistant Professor Department of Biosystems Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

(*- Corresponding Author Email: Javad1950@gmail.com)

Disk harrow compared with other tillage implements recommended for the high depth. Disc harrow is not optimal in the low depth because it compared to other implements has lower slip and tractive efficiency. Moldboard plow is optimum use energy in depth and average speeds (4 and 5 km h⁻¹).

Keywords: Energy, Implements tillage, Systems, SAW