# تعیین الگوی مصرف انرژی در تولید گندم در شهرستان ساوجبلاغ و بهینه سازی مصرف آن با استفاده از مدل برنامه ریزی خطی

**فرهاد وجدانی هریس, زهره تقی زاده,وحید مهاجردوست, مرتضی الماسی, نیما نصیریان**

## چکیده

کمبود منابع تولید از جمله انرژی سبب شده است که روشهای تخصیص بهینه منابع کمیاب بین فعالیتهای مختلف روز به روز گسترش یابد. با توجه به نقش حیاتی بخش کشاورزی در اقتصاد ملی و اشتغالزایی و تأمین غذای جامعه، لازم است که از منابع و ابزارهای تولید در این بخش به بهترین نحو ممکن استفاده گردد. مدیریت مصرف انرژی به عنوان یکی از نهاده های اصلی تولید، تنها و نزدیکترین راه برای بهره برداری بیشتر از سوختهای موجود و منابع انرژی است که در این میان نقش متخصصان مکانیزاسیون در این راستا و در جهت ارتقاء مدیریت بسیار چشمگیر است. تحقیق حاضر در پی دستیابی به الگوی مصرف انرژی در کشت گندم و ارائه مدل بهینه تخصیص منابع انرژی به واحدهای مختلف تولیدی در دشت ساوجبلاغ می‌باشد؛ به نحوی که سیر انرژی جریان مطلوبی در پیش گیرد. بدین منظور سطوح بهره برداری بر حسب فراوانی به ٤ طبقه تقسیم بندی شد. سپس اقدام به محاسبه انرژی های خروجی و ورودی به مزارع، تجزیه و تحلیل داده ها، آنالیز واریانس، مقایسه میانگین و تعیین ضرایب همبستگی گردید. پس از مشخص نمودن الگوی مصرف انرژی رایج در منطقه، برای تعیین الگوی بهینه مصرف از تکنیکهای برنامه‌ریزی ریاضی به روش مدل سازی بر پایه برنامه ریزی خطی استفاده گردید. نتایج نشان داد که بیشترین مصرف انرژی به ترتیب مربوط به انرژی کود و سوخت به مقدار ۱۳۹۲۹.۰۵MJ/kg و ۸٦٦۲.۷٦MJ/kg می باشد که به دلیل استفاده از الگوی نامناسب کشت، ادوات فرسوده و عدم آگاهی کشاورزان در نتیجه مدیریت ضعیف در مزارع است. در جهت افزایش بهره وری با مقایسه بین دو حالت یکی با درنظر گرفتن کاه و کلش به عنوان محصول خروجی و دیگری یعنی لحاظ نکردن کاه و کلش در محاسبات مشخص گردید که استفاده صحیح از بقایای کشاورزی می تواند علاوه بر فواید زیست محیطی، شاخص های ارزیابی انرژی نظیر نسبت بازده انرژی و بهره وری انرژی را از مقدار ۲.٤٤Kg/MJ و۰.۱٦Kg/MJ به ۳.۵۱Kg/MJ و۰.۲۳Kg/MJ ارتقاء دهد. تحلیل نرم افزاری و بهینه سازی الگوی مصرف انرژی مدل سازی شده بیانگر آن است که می توان با مصرف کمتر نهاده های ورودی مقدار محصول کنونی را به دست آورد. طبق محاسبات استفاده از الگوی بهینه مصرف انرژی می تواند متوسط میزان مصرف انرژی نهاده های مختلف از قبیل؛ سوخت دیزل، نیروی

الکتریسته، نیروی انسانی، بذر، کود، سموم شیمایی و ماشین آلات را به ترتیب به مقدار ۱۷.٦۹٪، ۱٦.٤٤٪، ۲۷.٦۳٪، ۱۷.۷٪، ۲۲.٤٥٪، ۱۹.۲۳٪ و ٤٥.٤۱٪ کاهش دهد.

**کلمات کلیدی:** ممیزی انرژی، بهینه سازی، مدیریت انرژی، برنامه ریزی خطی

**مقدمه**

از مجموع زمین های زیر کشت جهان، ۱٦ درصد آن یعنی حدود ۲۲۸ میلیون هکتار به کشت گندم اختصاص داشته است. با توجه به اختصاص سطح زیادی از مزارع کشور به محصول گندم مشاهده می شود که سهم زیادی از انرژی مصرفی در بخش کشاورزی به گندم اختصاص یافته، پس لازم است که در بهینه سازی انرژی مصرف شده در این بخش تحقیقات وسیعی انجام شود. برنامه ریزی در راستای بهره برداری مطلوب از منابع و عوامل در مقوله مدیریت منابع اهمیت ویژه ای دارد، در مدیریت برنامه ریزی، یکی از روشهای متداول در بهینه سازی استفاده از برنامه ریزی خطی است که به کمک این روش نه تنها می توان منابع محدود را به فعالیتهایی در واحد تخصیص داد که بیشترین بازده را دارند، بلکه احتمال خطر و زیان فعالیتهای بهره برداران را نیز می توان مشخص نمود. با توجه به مطالب ذکر شده و درنظر گرفتن این مطلب که منطقه ساوجبلاغ از مناطق استراتژیک و پیشرو در تولیدات کشاورزی در استان تهران می باشد و سهم بسیار زیادی ار زمینهای کشاورزی در دشت ساوجبلاغ به کشت گندم اختصاص دارد، این سؤال باقی می ماند که آیا الگوی کشت موجود از دید کارائی انرژی مناسبترین الگوی کشت ممکن است؟ و یا اگر نیست **الگوی کشت بهینه در منطقه چیست؟**

لازم است برای درک بهتر مسئله موجود تعاریفی از مفاهیم مورد بحث ارائه شود.

**مدیریت انرژی:** مدیریت یعنی برنامه ریزی و اجرای مراحل کار با توجه به شناخت و آگاهی نسبت به اهداف کار و افزایش راندمان آن و مدیریت انرژی در کشاورزی یعنی اینکه انرژی نهاده ها را چگونه در کشاورزی مصرف نماییم تا بیشترین بازدهی را داشته باشیم(۱).

**جریان انرژی:** رابطه بین انرژی مصرفی و تولید محصول در ابتدا مستقیم، ولی بین تولید وکارایی مصرف انرژی معکوس است. **توابع تولیدی در کشاورزی:** تولید در کشاورزی تابعی از ورودی های مختلف انرژی می باشد (Y=F(n)) و معادلات مختلف در این زمینه ارائه شده که بارزترین را معادله کاب داگلاس[1] نشان داده است (16):

$$LnY\tau = Ln\beta \circ + \sum_{i=1}^{n} \beta i Ln(X_n) + \varepsilon\tau$$

که در آن؛

Yt = عملکرد تولید گندم در زمان t،

Xn = قسمتی از ورودی ها که تولید را تحت تأثیر قرار می دهد،

βo = عدد ثابت،

βi = ضریب تأثیر نهاده ها در عملکرد،

ε = میزان خطا که با میانگین صفر دارای توزیع نرمال می باشد(۳).

**مدل:** مدل، نمایش خاص از یک سامانه است. مدلها مفیدند زیرا اولاً تخمینی از واقعیتند، ثانیاً مبنای مطالعاتی مناسبی محسوب می شوند. مدلها را به شیوه های گوناگونی طبقه بندی می کنند که عبارتند از:

[1] Cobb-Douglas

۱. مدلهای شمایلی
۲. مدلهای قیاسی
۳. مدلهای سمبولیک یا ریاضی که برنامه ریزی خطی جزء دسته سوم می باشد (۲).

**برنامه ریزی خطی:** برنامه ریزی خطی از جمله قویترین تکنیک هایی است که مدیران می توانند در حل مسائل مختلف خود با توجه به شرایط مسئله بکار گیرند. اگر سه وظیفه تأمین منابع مالی، تولید و فروش را وظایف اصلی هر شرکت تولیدی قلمداد کنیم، برنامه ریزی خطی در وظیفه دوم (تولید)، توانایی خود را در حل مسائل به خوبی نمایان ساخته است و در دو وظیفه دیگر توان نشان دادن قابلیت های خود را ارائه نموده است. یک مدل برنامه ریزی خطی دارای اجزاء زیر است؛
تابع هدف، تابعی است ریاضی که از متغیرهای تصمیم تشکیل یافته و بیانگر هدف مدل می باشد. این تابع نشان دهنده خواسته ها و آرزوهای تصمیم گیرنده مانند، حداکثر کردن مطلوبیت یا حداقل کردن هزینه است.

$$\text{Max } Z = f(xj) \text{ یا } \text{Min } Z = f(xj) \qquad j = (1, \ldots, n)$$

محدودیت، عبارتست از یک معادله یا نامعادله متشکل از متغییرهای تصمیم که محدودیت های مدل (یا تصمیم گیرنده) را جهت دستیابی به اهداف مدل بیان می کند.
وضعیت متغیرهای تصمیم، متغیر های تصمیم با توجه به مصداق تعیین شده برای آن عمدتاً به یکی از دو صورت زیر است:

$xj \geq 0 \qquad (j = 1, \ldots, n)$ متغیر تصمیم غیر منفی

و متغیر تصمیم آزاد در علامت که در این حالات **xj** می تواند مقادیر مثبت، منفی و یا صفر را اختیار کند.
شکل کلی مدل برنامه ریزی خطی به صورت زیر است:

$$Z = c1x1 + c2x2 + \ldots + cnxn$$
$$a11x1 + a12x2 + \ldots + a1nxn \ (\leq \text{ یا } \geq \text{ یا } =) \ b1$$
.
$$ai1x1 + ai2x2 + \ldots + ainxn \ (\leq \text{ یا } \geq \text{ یا } =) \ bi$$
.
$$am1x1 + am2x2 + \ldots + amnxn \ (\leq \text{ یا } \geq \text{ یا } =) \ bm$$
$$x1, x2, \ldots, xn \geq 0 \text{ یا (متغیر های آزاد علامت)}$$

که در آن:

$xj \ (j = 1, \ldots, n)$ = (مقدار متغیر های تصمیم)

$Z$ = مقدار تابع هدف

$c1, c2, \ldots, cn$ = ضرایب متغیر های تصمیم در تابع هدف

$a1n, a2n, \ldots, ain$ = ضرایب متغیر های تصمیم در محدودیت ها

$b1, b2, \ldots, bm$ = مقادیر ثابت (یا اعداد سمت راست)

$n$ = تعداد متغیر های تصمیم

$m$ = تعداد محدودیت ها

**ادبیات وپیشینه پژوهش**

آلام و همکاران۲ (۲۰۰۵)، روند کاهش شاخص کارایی انرژی در کشاورزی بنگلادش را طی سالهای ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۱ بررسی کرده و نشان دادند که استفاده از ماشین و سطح مکانیزاسیون طی این سالها در این کشور افزایش یافته است. شاخص کارایی

2 Alam, M. S., Alam, M. R and Islam, K

انرژی برای کشور های اروپایی که از سطح بالای مکانیزاسیون استفاده می کنند، ۲.۳۵ و کشور های آسیایی با سطح مکانیزاسیون پایین ۱۵.۷ می باشد(٤).

سیدهو و همکاران۳ (۲۰۰٤) اعلام نمودند که عملکرد گندم و پنبه را می توان به ترتیب با ۱۸ و ۲۱ درصد افزایش بجا و مناسب انرژی ورودی به میزان ۳۳ درصد افزایش داد. عملکرد ذرت نیز می تواند بدون افزایش در انرژی ورودی، از ۱۵۵۹ به ۳۱۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یابد(۵).

اردال و همکاران٤ (۲۰۰٦) کل انرژی مصرفی برای تولید چغندر قند در منطقه توکات ترکیه را ۳۹٦۸۵/۵۱ درهکتارمحاسبه نمودند که کودهای شیمیایی بخصوص نیتروژن حدود ٤۹/۳۳٪ از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده‌اند و پس از آن سوخت دیزل با ۲٦/۱٦٪ در رده بعدی مصرف انرژی قرار داشت. نسبت انرژی خروجی را ۲/۷۵ و انرژی ورودی را ۱/۵۳ محاسبه نمودند، همچنین اعلام کردند که تقریباً۸۲/٤۳٪ از کل نهاده‌های مصرفی انرژی در تولید چغندر مربوط به انرژی های تجدید ناپذیر و تنها ۱۲/۸۲٪ از آن مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر بوده است (٦).

جیورگنسن و همکاران۵ (۲۰۰۷) پس از مقایسه عملکرد سه محصول گندم، جاودار و تریتیکاله تحت رژیمهای مختلف کود نیتروژن برای تولید انرژی از ماده خشک، اعلام نمودند که عملکرد چاودار و تریتیکاله (حتی در زمان مصرف پایین کود نیتروژن) درتولدی انرژی انرژی از ماده خشک به حساب می‌آید (۷).

ادامون٦ (۲۰۰۱) رقابت مناطق مختلف کشور نیجریه در تولید دانه های روغنی را بااستفاده از روش برنامه ریزی خطی مورد بررسی قرار داده است. در مطالعه وی تولید دانه های روغنی با محدودیت های زمین و کارخانه های روغن کشی محدود شده است. نتایج بررسی وی نشان می دهد که منطقه میدل بلت۷ به دلیل موقعیت مرکزی آن اقتصادی ترین منطقه در تولید دانه های روغنی نسبت به سایر مناطق بوده و بالاترین ارزش سایه ای به ازای هر هکتار زمین را دارا است و در مقابل، منطقه غرب کمترین قیمت سایه ای را به ازای هر هکتار زمین دارا می باشد. همچنین نتایج این مطالعات نشان می دهد که هزینه حمل و نقل به عنوان اصلی ترین عامل در کاهش سوددهی تولید دانه هی روغنی مطرح می باشد (۸).

سینگ و همکاران۸ (۲۰۰۱) از مدل برنامه ریزی خطی استفاده کرده تا الگوی بهینه کشت را با هدف حداکثر کردن درآمد خالص در منطقه ای از پاکستان بر آورد نمایند، که در این مدل میزان زمین و حداقل کشت گندم و برنج برای نیاز های غذایی کشاورزان به عنوان محدودیت های مدل در نظر گرفته شده اند، که بر اساس نتایج خاصله سودآورترین کشت منطقه، کشت محصول گندم تعیین گردید (۹).

**توصیف منطقه مورد مطالعه**

۳-۱-۱ موقعیت جغرافیایی

---

[3] Sidho, H. S., Singh, S., Ahuja, S

4 Erdal, G., Esengun, k., Erdal, H., & Gunduz, O

[5] Jorgenson, J.R. Deleuran, L.C., & Wollenweber, B

[6] Edamwen, M

[7] Middle Belt

[8] Singh, D.K., Jaiswal, C. S., Reddy, K. S., Singh, R. M. & Bandarkar, D.M

دشت ساوجبلاغ در عرض جغرافیایی ″۸ ،′۴۵ ،°۳۵ تا ″۳۶،′۱۵،°۵ شمالی و طول جغرافیایی ″۲۰ ،′۵۰،°۱۲ تا ″۵۱،′۸،°۱۵ شرقی واقع شده است وسعت این شهرستان ۲۲۵۳ کیلومتر مربع می باشد که از طرف شمال به شهرستان طالقان، از جنوب به شهرستانهای کرج و نظرآباد و از شرق به شهرستان کرج ،از غرب به شهرستان آبیک منتهی می شود . مجموعا در این دشت حدود ۳۰۰۰۰ هکتار از اراضی زیر کشت محصولات زراعی قرار داشته که ۷۵٪ این محصولات را گندم آبی، جو و ذرت علوفه ای تشکیل داده اند. همچنین در این منطقه در حدود ٤۱۰۰ بهره بردار وجود دارد متوسط اراضی زراعی هر بهره بردار در منطقه دشت ساوجبلاغ ۷/۱۹ هکتار است.

**روش کار**

برای انجام این تحقیق نیاز به جمع آوری داده ها از منطقه مورد مطالعه می باشد که این داده ها برحسب نوع خود از طرق مختلف از جمله؛ مطالعات کتابخانه ای، استفاده از آمار نامه ها و نتایج تحقیقات انجام شده در منطقه دشت ساوحبلاغ، بررسی و مطالعه مدارک موجود در مراکز ترویج و آموزش کشاورزی استان و شهرستان های مربوطه، انجام عملیات میدانی و اندازه گیری مقادیر مورد نظر در سر مزارع و به ویژه مصاحبه با کشاورزان گندم کار جمع آوری شده است. به دلیل وسعت منطقه مورد مطالعه و وجود مزارع متعدد و متنوع در منطقه با فرض متفاوت بودن نحوه کشت محصول در هر مزرعه و همچنین بالا بردن دقت آزمایش، مزارع از نظر سطح بهره برداری به ٤ طبقه متفاوت بر اساس تعداد بهره بردار تقسیم بندی شده و در هر طبقه از تعدادی از مزارع به عنوان نمونه اطلاعات جمع آوری شده است. اطلاعات بدست آمده با استفاده از روش های آماری مانند آنالیز واریانس توسط نرم افزار های EXCEL و SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و با استناد بر آنها نتایجی از قبیل معنی دار بودن و یا نبودن اختلافات بین متغیرها، شاخص های انرژی و غیره بدست آمده است همچنین مقایسه میانگین داده ها نیز در این تحقیق به به روش شفه انجام گرفته است. با استفاده از مجموع دست آورد های ذکر شده الگوی مصرف انرژی در کشت گندم برای منطقه مورد نظر مشخص شده است.

پس از بدست آوردن الگوی مصرف انرژی در روشی نوین با استفاده از برنامه های ریاضی اقدام به بهینه سازی الگوی کشت منطقه گردید که در این تحقیق برای تعیین الگوی بهینه کشت از روش برنامه ریزی خطی و فرمول بندی کردن الگوها با در نظر گرفتن تمامی شرایط و محدودیت ها استفاده گردید. حل مسئله طراحی شده توسط نرم افزار WINQSB انجام پذیرفت و نتایج حاصله پس از تجزیه و تحلیل حساسیت برای سادگی فهم بهتر بطور کلی تشریح گردیده تا مورد استفاده کشاورزان، مسؤلان و از دید بالاتر کشاورزی کشور قرار گیرد.

برای تولید محصولات کشاورزی انواع نهاده ها مورد استفاده قرار می گیرد که هرکدام واحد های جداگانه ای برای محاسبه خود دارند و در مجموع تمامی نهاده های مصرفی به عنوان نهاده های ورودی نام گذاری می شوند. برای محاسبات بر پایه انرژی لازم است که مزرعه را به عنوان یک سیستم در نظر گرفت و تمامی نهاده های ورودی به آن و خروجی از آن به دقت مشخص شده واندازه گیری شوند. همچنین برای مقایسه بین نهاده ها و نسبت تأثیر گذاری آنها باید تمامی نهاده های ورودی و خروجی با یک واحد یکسان در نظر گرفته شوند. مقدار انرژی بری هر یک از نهاده ها با آزمایشان گوناگون مانند استفاده از از دستگاه بمب کالریمتر اندازه گیری شده و در اختیار تمامی افراد قرار داده شده است.

بطور کلی نهاده های مصرفی در تولید گندم در منطقه مورد نظر اعم از نهاده ای انرژی مستقیم و غیر مستقیم در این پژوهش به ۷ گروه تقسیم بندی شده اند که بعضاً زیر گروه های مخصوص به خود را دارا می باشند که عبارتند از؛ انرژی سوخت دیزل، انرژی الکتریسیته، انرژی نیروی انسانی، انرژی بذر، انرژی کود، انرژی سموم شیمیایی و انرژی ماشین ها و ادوات کشاورزی.

با توجه به حجم عملیات و لزوم دقت در محاسبات در این تحقیق برای انجام محاسبات از نرم فزار EXCEL و برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS استفاده شده است.

**طراحی مدل به روش برنامه ریزی خطی**

**تابع هدف**

در این آزمون تابع هدف همان شاخص بهره وری انرژی می باشد که ما سعی در ماکزیمم کردن آن داریم. با توجه به اینکه شاخص بهره وری از تقسیم عملکرد بر انرژی ورودی بدست می آید، برای ماکزیمم کردن شاخص بهره وری یکی از راه ها کاهش مخرج کسر که همان میزان انرژی ورودی می باشد، است. پس تابع هدف برابر می شود با؛

$$\text{Maximize } Ep = \text{Maximize } \frac{y}{\sum \alpha_i e_i} \quad (i= 1, 2, \dots ,7)$$

که با توجه به روش کار تابع هدف را می توان به صورت روبرو نوشت؛

$$\text{Minimize Ein} = \text{Minimize} \sum \alpha_i e_i \ (i= 1, 2, \dots ,7)$$

که در آن؛

$\alpha$ = مقدار مصرف نهاده ورودی  e = ارزش انرژی بری نهاده مصرفی

**محدودیت ها**

چون مدل مورد نظر از نوع حداقل کردن می باشد تمامی محدودیت ها با علامت بزرگتر ، مساوی . یا بزرگتر مساوی تعیین شده است. محدودیت ها شامل تمامی محدودیت هایی است که در مصرف هر یک از نهاده ها و یا تولید محصول با آن می توان مواجه می توان شد. محدودیت به صورت زیر می باشد؛

$\alpha i ei \geq ei$

$\alpha i \geq Ai$ (Ai = حداقل مقدار توصیه شده و مصرفی)

$ei \geq 0$

$\alpha i - \alpha j \geq 0 \ ( i \neq j : j=1, \dots ,7)$

**روش حل مدل**

به دلیل حجم بالای عملیات و پیچیده بودن مدل و تابع هدف موجود، برای حل نیاز به نرم افزار های رایانه ای می باشد. برای حل این مسئله از نرم افزار WINQSB استفاده شده و نتایج و داده های استخراج شده از نرم افزار بطور کلی و با بیان ساده تر ذکر گردیده است

**نتایج و بحث**

**قابلیت اطمینان و روائی پرسش‌نامه‌ها**

قابلیت اطمینان پرسش‌نامه‌ها پس از انجام ۱۶ نمونه‌برداری توسط نرم‌افزار SPSS محاسبه شده که در آن از روش آلفای کرونباخ استفاده گردیده که ضریب بدست آمده نشان می دهد پرسش‌نامه‌ها با قابلیت اطمینان ۸۶٪ اطلاعات را جمع‌آوری کرده‌اند. ۱۶= تعداد نمونه ۰.۸۶= ضریب آلفای کرونباخ

**یافته‌ها با در نظر گرفتن دانه گندم به عنوان تنها محصول**

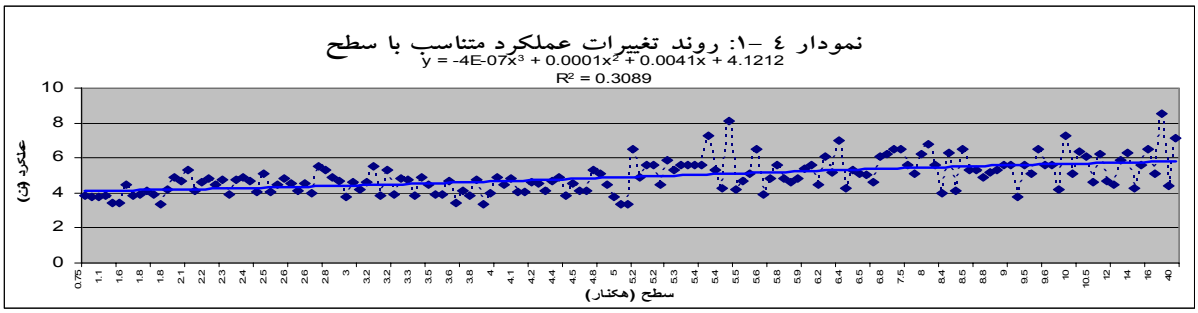
در این بخش تمامی یافته‌ها و نتایج و همچنین تفاسیر و ارزیابی با در نظر گرفتن دانه گندم به عنوان تنها محصول خروجی انجام پذیرفته و کاه و کلش بدست تولید شده را به عنوان محصول خروجی منظور نمی‌کنیم. متوسط عملکردگندم در دشت‌ساوجبلاغ ۴/۲ تن درهکتار می‌باشد.

با مقایسه این نتایج بدست آمده با تحقیقات انجام شده توسط سینگ (۲۰۰۶)، صفا (۱۳۸۰) و کالایوروسیس و همکاران (۲۰۰۲) مشاهده شده است که، عملکرد گندم در این منطقه به مراتب بالاتر از عملکرد گندم در دیگر مناطق است که حاکی از شرایط ایده‌آل برای کشاورزی در این منطقه می‌باشد. اطلاعات مربوط به هر طبقه و کل جامعه آماری درجدول (٤-١) آمده است حد بالا و پایین نشان می دهد که۹۵ ٪ یافته‌های مورد بحث در این محدوده ها قرار دارند.

جدول ٤-١ میزان عملکرد گندم در سطوح مختلف بهره برداری (مگاژول بر هکتار)

| طبقه | تعداد نمونه | میانگین | انحراف معیار | خطای استاندارد | قابلیت اطمینان ۹۵٪ | | حداقل | حداکثر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | حد پایین | حد بالا | | |
| 1 | 40 | 4.3646515 | 0.53025372 | 0.013256343 | 4.338669 | 4.3906339 | 3.3888889 | 5.5 |
| 2 | 40 | 4.623182 | 0.58271108 | 0.014567777 | 4.5946292 | 4.6517349 | 3.36 | 5.59375 |
| 3 | 40 | 5.4525424 | 0.8877952 | 0.02219488 | 5.4090405 | 5.4960444 | 3.9285714 | 8.0925926 |
| 4 | 40 | 5.5592292 | 0.97654923 | 0.024413731 | 5.5113783 | 5.6070801 | 3.8 | 8.5 |
| کل | 160 | 4.9999013 | | | | | 3.36 | 8.5 |

همچنین نمودار (٤-١) بیانگر روند تغییرات در عملگر گندم متناسب با سطح بهره‌برداری است که این نتایج حاکی از افزایش عملکرد گندم در نتیجه افزایش سطح بهره‌برداری می‌باشد که نشان می‌دهد هرچه سطح بهره‌برداری از زمین بیشتر شود عملکرد تولید گندم نیز بالاتر می رود.




برای بررسی و ارزیابی نتایج حاصله و روابط میان نهاده‌ها مصرفی و انرژی‌های تولیدی نیاز به محاسبه معیارهایی نظیر شاخص‌های انرژی می باشد که در این تحقیق شاخص‌هایی نظیر نسبت انرژی ناخالص افزوده انرژی، بهره‌ای انرژی و انرژی مخصوص محاسبه شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

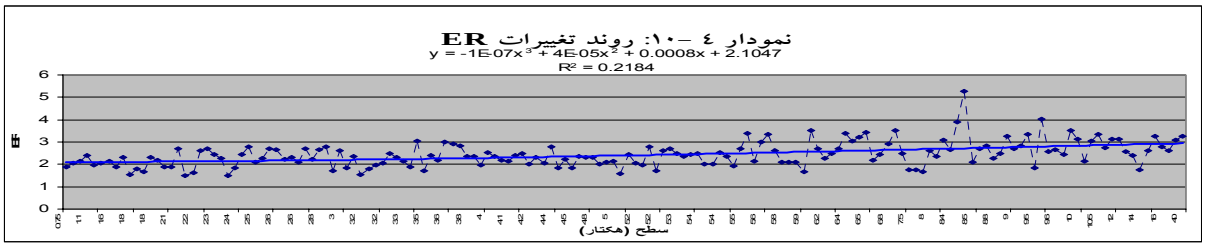
### نسبت انرژی یا بازده انرژی

تایج نشان داده متوسط کل کارایی انرژی در دشت ساوجبلاغ برابر ۲/٤٤ می‌باشد که بیشترین میانگین کارایی انرژی را طبقه چهارم یا مقدار ۲/۷۸ و کمترین را طبقه اول با مقدار ۲/۱۱ به خود اختصاص داده‌اند

جدول ٤ -١٠ شاخص کارائی انرژی در سطوح مختلف بهره برداری (مگاژول بر هکتار)

| طبقه | تعداد نمونه | میانگین | انحراف معیار | خطای استاندارد | قابلیت اطمینان ۹۵٪ | | حداقل | حداکثر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | حد پایین | حد بالا | | |
| 1 | 40 | 2.192605 5 | 0.3737027 6 | 0.00934256 9 | 2.174294 | 2.2109169 | 1.508688 3 | 2.8078877 |
| 2 | 40 | 2.236113 1 | 0.3575915 8 | 0.00893978 9 | 2.218591 1 | 2.2536351 | 1.534428 3 | 3.0392691 |
| 3 | 40 | 2.556274 7 | 0.4990364 2 | 0.01247591 1 | 2.531821 9 | 2.5807275 | 1.671765 1 | 3.5345937 |
| 4 | 40 | 2.786952 2 | 0.6824699 1 | 0.01706174 8 | 2.753511 2 | 2.8203932 | 1.660095 1 | 5.2613987 |
| کل | 160 | 2.442986 4 | | | | | 1.508688 3 | 5.2613987 |

بطور کلی با افزایش سطح بهره‌برداری از زمین میزان این شاخص نیز بیشتر می شود زیرا هرچه مزارع بزرگتر شده مکانیزه‌تر می‌گردد و از اصول علمی و مدیریت صحیح بیشتر بهره می‌گیرد روند تغییرات کارایی انرژی متناسب با سطح بهره‌برداری در نمودار (٤-١٠) گویای این مطلب است.




## تجزیه واریانس عملکرد گندم

پس از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد گندم نتایج نشان داد که عملکرد گندم در طبقات مختلف در سطح ١٪ تفاوت معنی دار داشته است این نتیجه بیانگر آن است که با افزایش سطح زیر کشت میزان عملکرد گندم در هکتار در مزارع دشت ساوجبلاغ افزایش یافته است.

جدول ٤ -١٤ تجزیه واریانس عملکرد تولید گندم

| منابع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | F | |
|---|---|---|---|---|---|
| بین گروه ها | 3 | 42.52765895 | 14.17588632 | 23.40096873 | ** |
| داخل گروه ها | 156 | 94.50199652 | 0.605782029 | | |
| کل | 159 | 137.0296555 | | | |

## مقایسه میانگین داده‌ها

## مقایسه میانگین عملکرد گندم

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عملکرد گندم نشان داده که طبقات سوم و چهارم بهره‌برداری با طبقات اول و دوم بهره‌برداری در سطح ٥٪ دارای تفاوت معنی داری می‌باشند

جدول ٤- ٢٣ مقایسه میانگن عملکرد گندم در طبقات مختلف

| | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | -0.258531 | -1.087891 | -1.194578 | LSD 5%= | 1.0453903 |
| 2 | 0.2585306 | | -0.82936 | -0.936047 | LSD 1%= | 1.4781628 |
| 3 | 1.087891 | 0.8293604 | | -0.106687 | | |
| 4 | 1.1945778 | 0.9360472 | 0.1066868 | | | |

## بررسی رابطه سطح زیر کشت با مصرف انرژی و شاخص‌های ارزیابی انرژی

## بررسی رابطه سطح زیر کشت و عملکرد محصول

بین سطح زیر کشت و عملکرد محصول رابطه معنی داری در سطح ١٪ مشاهده گردید. ضریب همبستگی پیرسون بین سطح زیر کشت و عملکرد محصول مثبت و برابر با ٠/٤٤ می‌باشد. در واقع ٢=٠/٤٤ که مثبت بودن این ضریب نشان می‌دهد

که بین سطح زیر کشت و عملکرد محصول رابطه مستقیم وجود دارد و با افزایش سطح زیر کشت میزان عملکرد محصول نیز افزایش پیدا می‌کند که این همبستگی نیز در سطح ۱ ٪ معنی‌دار می باشد.

جدول ٤ -۲۸ **ضریب همبستگی سطح با عملکرد محصول**

| ضریب همبستگی | عملکرد | سطح معنی داری | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 2.326 | 1.645 | |
| سطح زیر کشت | 0.441433 | 3.032646262 | | ** |

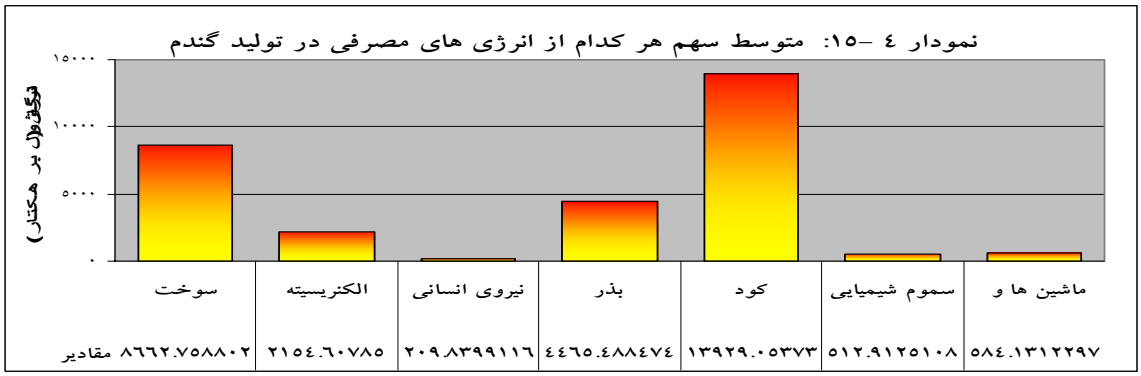
**مقایسه کل مصرف انرژی**

برای میانگین مصرف انرژی کل در هر طبقه مجموع انرژی‌های بدست آمده از هر طبقه را بر تعداد نمونه‌های آن طبقه که در این پژوهش با هم مساوی و برابر ٤٠ می‌باشد تقسیم می‌کنیم که حاصل ان در جدول (٤-۳۷) ذکر گردیده است.

| جدول ٤ -۳۷ | مصرف انرژی در سطوح مختلف بهره برداری از زمین | | | |
|---|---|---|---|---|
| طبقه بهره برداری | 1 | 2 | 3 | 4 |
| میانگین مصرف انرژی کل | 29630.05 | 30710.32 | 31775.4 | 29959.41 |

نتایج نشان می دهد که بیشترین مصرف انرژی مربوط به طبقه سوم بهره برداری می باشد. وجود تعداد زیادی از زمین های اجاره ای در این طبقه، این سطوح بهره برداری را به شدت تحت تأثیر خود قرار داده است. جدول فوق نشان می‌دهند که بیشترین مصرف انرژی در طبقه سوم بهره‌برداری بوده که این مقدار نانشی از مصرف زیاد انرژی‌ها سوخت و کود در این طبقه می باشد. کمترین انرژی کل مصرفی را طبقه اول بهره‌برداری به خود اختصاص داده است که می تواند به علت انجام نشدن بعضی عملیات در این سطوح و یا انجام آنها بوسیله نیروی انسانی باشد. روند تغییرات انرژی مصرفی کل نسبت به سطوح در طبقات اول تا سوم محسوس بوده و در طبقه چهارم مقدار انرژی مصرفی کل کاهش می‌یابد که این کاهش به علت مدیریت صحیح در تخصیص منابع و استفاده از اصول علمی در تولید محصول و امکان استفاده از کل ظرفیت ماشینها و ادوات کشاورزی می‌باشد.

در نمودار (٤-۱۵) مقدار میانگین مصرف انرژی هریک از نهاده‌ها مشخص شده است.




که بیشترین مصرف انرژی را کود شیمیایی و سپس سوخت به خود اختصاص داده و کمترین میزان مصرف انرژی مربوط به انرژی نیروی انسانی است. مجموع انرژی نهاده‌های مصرفی برابر کل انرژی مصرفی است.

با مقایسه انرژی‌های مصرفی در دشت ساوجبلاغ با تحقیقاتی که در سایر مناطق مندرج درجدول (٤-٣٤) بدست آمد مشاهده می شود که انرژی مصرفی نیروی انسانی از مقدار مصرف این انرژی درساوه بیشتر بوده که این به علت انجام کارهایی نظیر کودپاشی، سم‌پاسی و آبیاری توسط نیروی انسانی می‌باشد.

جدول ٤ -٣٨: مقایسه انرژی مصرفی در منطقه مورد مطالعه با برخی مناطق دیگر

| مناطق / منابع انرژی | | هندوستان | | | | ایران | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | پنجاب | اوتارپرادش | مادهیاپراش | راجستان غربی | اهواز | ساوه | ساوجبلاغ |
| انرژی سوخت | MJ/ha | **5271** | **4452** | **6102.5** | **7103.3** | **17944** | **29995** | **8663.759** |
| نیروی انسانی | MJ/ha | **646.8** | **660.5** | **927.5** | **941.8** | **3307** | **137** | **209.839** |
| انرژی بذر | MJ/ha | **1473.8** | **1813** | **1961.5** | **1768.5** | **3608** | **3209** | **4465.488** |
| کود شیمیایی | MJ/ha | **6749** | _ | ٤١٧٧.٣ | ٦٢٩٥.٨ | ١٧١٥٥ | ١٠٨٨٨ | ١٣٩٢٩.٠٥ |
| انرژی سموم | MJ/ha | ٨٤.٦ | _ | ٦.٣ | ١٥٧.١ | ٩٠١.١ | ٢٧٥ | ٥١٢.٩١٢ |
| انرژی ماشین | MJ/ha | ٣٨٥ | _ | ٣٧٤.١٧ | ٣٩٨.٤ | ١٦٥٩ | _ | ٥٨٤.١٣١ |
| انرژی کل | MJ/ha | ١٥٢٢٠.٤ | ١٥٠٧٦ | ١٥١٣٨.٦ | ١٧٧٨٧.٩ | ٤٨١٦٤ | ٤٤٢٩٠ | ٣٠٥١٨.٧٩ |
| عملکرد محصول | Kg/ha | ٣٣٣٤ | ٢٥٢٢ | ٢٣٧١ | ١٩٧٣ | ٣٥٥٧ | ٤٢٠٠ | ٤٩٩٩ |
| نسبت انرژی | _ | ٥.١٦ | ٤.١٥ | ٤.٠٣ | ٢.٨٧ | ١.١١ | ٠.٩٩ | ٢.٤٤ |
| بهره وری انرژی | Kg/MJ | ٠.٢١٩ | ٠.١٦٧ | ٠.١٥٦ | ٠.١١ | ٠.٠٧٣ | ٠.٠٩٤ | ٠.١٦٦ |
| انرژی مخصوص | MJ/kg | ٤.٧ | ٥.٩ | ٦.٥ | ٩.١ | ١٣.٧ | ١٠.٥ | ٦.٣ |

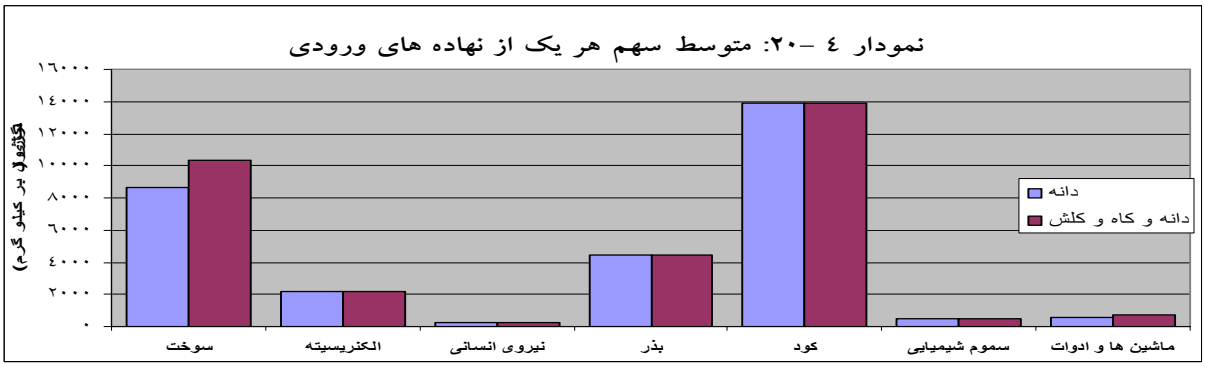
**مقایسه بین دو حالت**

در این تحقیق تمامی این محاسبات را با در نظر گرفتن کاه و کلش به عنوان محصول نهایی علاوه بر دانه انجام پذیرفته که مقایسه بین این دو حالت نتایج زیر را در بر دارد:

جدول ٤ -٥٩ نشان دهنده تغییرات در انرژی مصرفی بین دو حالت مختلف است.

| جدول ٤ -٥٩ | متوسط سهم مصرف انرژی توسط هر کدام از نهاده ها | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نوع نهاده / محصول | سوخت | الکتریسیته | نیروی انسانی | بذر | کود | سموم شیمیایی | ماشین ها و ادوات |
| دانه | 8662.759 | 2154.608 | 209.8399 | 4465.488 | 13929.05 | 512.9125 | 584.1312 |
| دانه و کاه وکلش | 10358.31 | 2154.608 | 226.6271 | 4465.488 | 13929.05 | 512.9125 | 707.8859 |

نمودار ٤ -٢٠ میزان اختلافات جزئی در انرژی مصرفی را در هر دو حالت نشان می دهد؛

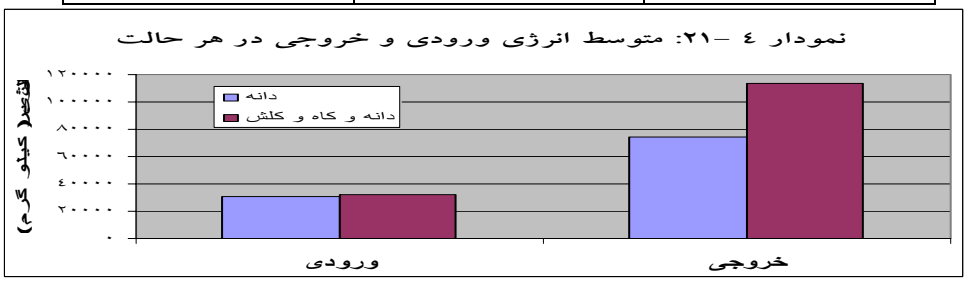


جدول ٤ –٦٠ نیز نشان دهنده تغییرات در شاخص های انرژی در حالات مورد نظر می باشد؛

| جدول ٤ –٦٠ | منوسط شاخص های انرژی در هر دو حالت | | | |
|---|---|---|---|---|
| شاخص / محصول | E.R | N.E.G | E.P | S.E |
| دانه | 2.442986 | 280163.8 | 0.16619 | 6.3034898 |
| دانه و کاه وکلش | 3.5182377 | 486436.37 | 0.2393359 | 4.2970685 |

جدول ٤ –٦١ میزان انرژی ورودی و خروجی مزرعه و نمودار ٤ –٢١ بیانگر اختلافات در دو حالت مذکور نشان می دهد؛

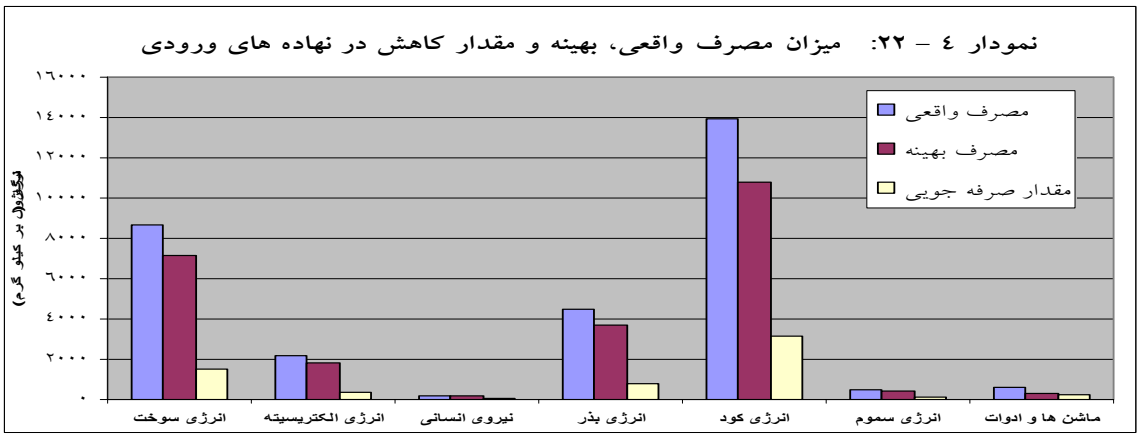
| جدول ٤ –٦١ | متوسط انرژی ورودی و خروجی در هر حالت | |
|---|---|---|
| نوع انرژی / محصول | ورودی | خروجی |
| دانه | 30518.793 | ٧٤٥٥٦.٩٨٤ |
| دانه و کاه و کلش | 32354.884 | ١١٣٨٢٢.١٧٢ |




در کل مشاهده می شود با اینکه استفاده از کاه و کلش انرژی و هزینه بیشتری را به سیستم تحمیل می کند اما نسبت افزایش در میزان انرژی و شاخص های مربوطه بسیار بیشتر از انرژی تحمیلی به سیستم است. همچنین استفاده صحیح از کاه و کلش تولید شده در خارج از مزرعه کارایی بیشتری نسبت به زیر خاک کردن محصول برای افزایش حاصلخیزی و بهبود شرایط فیزیکی خاک دارد.

**بهینه سازی با استفاده از مدل برنامه ریزی خطی**

برای بهینه سازی الگوی مصرف انرژی از نرم افزار WINQSB استفاده شد. تابع هدف همراه با محدودیت های موجود طراحی شده و به سیستم داده شد. حل معادله به روش سیمپلکس انجام پذیرفت. این نتایج را نمودار ٤–٢٢ نشان می دهد.



سپس جدول نهایی از نرم افزار اخراج گردیده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج نهایی پس از بررسی در جدول ٤ -٦١ ذکر شده است. البته جداول نهایی وخام نیز برای اطلاع بیشتر علاقمندان در قسمت پیوست ضمیمه گردیده است.

| جدول ٤ -٦٢ | مقادیر مصرف انرژی واقعی و بهینه نهاده های مختلف در مزارع گندم | | | |
|---|---|---|---|---|
| | مصرف واقعی | مصرف بهینه | مقدار صرفه جویی | درصد کاهش |
| انرژی سوخت | ٨٦٦٢.٧٦ | ٧١٣٠.٥ | ١٥٣٢.٢٦ | ١٧.٦٩ |
| انرژی الکتریسیته | ٢١٥٤.٦ | ١٨٠٠.٣٨ | ٣٥٤.٢٢ | ١٦.٤٤ |
| نیروی انسانی | ٢٠٩.٨٤ | ١٥١.٨٥ | ٥٧.٩٩ | ٢٧.٦٣ |
| انرژی بذر | ٤٤٦٥.٤٨ | ٣٦٧٥ | ٧٩٠.٤٨ | ١٧.٧ |
| انرژی کود | ١٣٩٢٩.٠٥ | ١٠٨٠٢.٢٧ | ٣١٢٦.٧٨ | ٢٢.٤٥ |
| انرژی سموم | ٥١٢.٩١ | ٤١٤.٢٦ | ٩٨.١٤ | ١٩.٢٣ |
| ماشن ها و ادوات | ٥٨٤.١٣ | ٣١٨.٨٥ | ٢٦٥.٢٨ | ٤٥.٤١ |

در جدول (٤-٦٢) مشاهده می شود که می توان با چه میزان کاهش در انرژی ورودی به همین مقدار محصول که هم اکنون تولید می شود رسید. در واقع مصرف انرژی بیش از حد محاسبه شده که در نتیجه مدیریت اشتباه، عدم آگاهی کشاورزان، نبود الگوی مصرف انرژی صحیح در منطقه و مشکلاتی از این قبیل پیش می آید باعث به هدر رفتن انرژی و پایین آوردن کارایی کشاورزان گندم کار شده است.

طبق جدول مشاهده می شود که بیشترین درصد کاهش مصرف را باید به ترتیب در مقدار انرژی مصرفی ماشین ها و ادوات کشاورزی، نیروی انسانی و کود مصرفی اعمال کرد. بالا بودن مصرف انرژی ماشین ها و ادوات کشاورزی به دلیل عدم تناسب اندازه ماشین ها و ادوات به سطوح بهره برداری می باشد که باعث شده ماشین هایی با توان و ظرفیت بالا در مزارع کوچک به کار گرفته شوند. علاوه بر این استفاده از ماشین ها و ادوات بزرگ در مزارع کوچک کارایی این ادوات را پایین آورده توانایی هایی همچون قابلیت مانور را کاهش داده و همپوشانی در انجام وظایف وبروز عملیات موازی را افزایش می دهد.

مصرف بیش از حد انرژی نیروی انسانی در مزارع حاکی از غیر مکانیزه بوده بعضی عملیات و انجام عملیات توسط نیروی انسانی

است که باعث بالا رفتن انرژی مصرفی نیروی انسانی می شود. باید خاطر نشان کرد که میزان مصرف این نوع انرژی تأثیر زیادی در انرژی کل مصرفی ندارد و عمده توجه در این امر باید به بهینه سازی مصرف انرژی های از قبیل سوخت و کود باشد.

کودهای شیمیایی در مزارع گندم به تدریج جای خود را از یک نهاده کمکی به یک معضل باز دارنده داده اند. مصرف بیش از حد این کود ها که از انرژی برترین نهاده های تولیدی نیز تلقی می شوند باعث شده است که کارایی این کود ها به مرور کاهش یافته. این مواد شیمیایی خود باعث مسمومیت خاک، گیاه و انسان می شود.

مصرف سم نیز مانند کود یک مصرف ناآگاهانه می باشد عدم استفاده از سم در زمان و شرایط مناسب باعث شده کارایی این سموم کاهش یابد. در نتیجه کشاورزان برای بدست آوردن نتیجه مطلوب خود از مقدار بیشتری از سموم استفاده می کنند.

در مورد مصرف بذر نیز در منطقه تلاف انرژی صورت می گیرد به این نحوه که چون برای کاشت بذر در منطقه از بذرپاش های سانتریفوژ استفاده می شود کشاورزان ناچار هستند از بذر بیشتری برای کشت استفاده کنند زیرا این بذرپاش ها متناسب با نحو کار خود باعث ایجاد همپوشانی در پاشش شده و همچنین یکنواختی کامل در پخش بذر را ندارند.

انرژی سوخت نیز متناسب با نوع و ساعات استفاده از ماشین افزایش می یابد. استفاده بیش از حد در نتیجه داشتن الگوی نامناسب کشت در این منطقه باعث افزایش مصرف سوخت در بین کشاورزان شده است. همچنین استفاده از ادوات فرسوده و نامناسب نیز مصرف را تشدید کرده است. که با آموزش و کمک به کشاورزان در استفاده صحیح از ادوات و تبدیل ماشین آلات به مدل جدیدتر می توان در مصرف سوخت به اندازه ۱۷.٦۹٪ کاهش صورت داد.

استفاده از انرژی الکتریسته در کشاورزی مخصوص در آبیاری باعث کاهش درمصرف سوخت خواهد شد و در کل کاملاً مفید می باشد ولی استفاده از پمپ های فرسوده با توان مصرفی بالا موجب افزایش مصرف الکتریسیته و کاهش بازده کار پمپ ها خواهد شد که با اصلاح این موارد می توان ۱٦.٤٤٪ در مصرف این انرژی صرفه جویی کرد.

**نتیجه گیری**

استفاده از ابزار مدیریتی بر پایه اصول علمی کشاورزی می تواند جریان رو به رشدی را در کشاورزی کشور به وجود آورد. مشاهده شده که بکار گیری از برنامه ریزی های ریاضی توانسته الگوی کشت مناسبی را برای استفاده گندم کاران دشت ساوجبلاغ طراحی کند به نحوی که با درنظر داشتن مسائل زیست محیطی و مد نظر قرار دادن بحران انرژی در جهان تولیدی پر منفعت تر را به ارمغان آورد که نتیجه همه تلاش ها زمینه ساز دست یابی به یک کشاورزی پایدار است. استفاده از این ابزار نشان داده که با پیروی ازیک الگوی کشت مناسب مطابق با اصول علمی کشاورزی و بر پایه مکانیزاسیون می توان در مصرف انرژی های کود، سوخت، بذر، الکتریسته، ماشین ها و ادوات کشاورزی، سموم شیمیایی و انرژی نیروی انسانی به ترتیب به مقدار؛ ۳۱۲٦.۷۸ MJ/kg، ۱۵۳۲.۲٦ MJ/kg، ۷۹۰.٤۸ MJ/kg، ۳٥٤.۲۲ MJ/kg، ۲٦٥.۲۸ MJ/kg، ۹۸.٦٥ MJ/kg و ٥۷.۹۹ MJ/kg صرفع جویی کرد.

**منابع و مآخذ**


۱. کوچکی، ع. حسینی، م. و خزائی، ح. ر. ۱۳۸۲. نظامهای کشاورزی پایدار. مشهد. انتشارات دانشگاهی مشهد.

۲. مهرگان، م. ۱۳۸٦. پژوهش های عملیاتی: برنامه ریزی خطی و کاربرد آن. تهران. نشر کتب دانشگاهی. ٥۳٦ صفحه.

۳. کوپاهی، م. ۱۳۸۳. اصول اقتصاد کشاورزی. تهران. ویرایش ٥. مؤسسهٔ انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ٤۷٦ ص.

4. Alam, M. S., Alam, M. R and Islam, K. 2005. Energy Flow in Agriculture Bangladesh. American of Environment Science. 8(3): 213-220.

5. Sidho, H. S., Singh, S., Ahuja, S. 2004. Optimization of energy usage in different crop production systems. LE(1). Journal. AG. Vol 85: 50-55.

6. Erdal, G., Esengun, k., Erdal, H., & Gunduz, O. (2007). Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Gaziosmanpasa University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics. Vol. 32, 35-41.

7. Jorgenson, J.R. Deleuran, L.C., & Wollenweber, B. (2007). Prospects of whole grain crops of wheat, rye and triticale under different fertilizer regimes for energy production. Aarhus Universitet, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Genetics and Biotechnology Research Centre Flakkebjerg. Slagelse, Denmark. Biomass and Bioenergy. Vol. 31, 308-317.
8. Edamwen, M. (2001). Measuring regional competitiveness in oilseeds production and processing in Nigeria, Agricultural Economics Journal, Vol. 26.pp 281-294.
9. Singh, D.K., Jaiswal, C. S., Reddy, K. S., Singh, R. M. & Bandarkar, D.M. (2001). Optimal cropping pattern in a canal command area. Agricultural Water Management, No 50: 1-8.