تاثیر کاهش واحد های تصمیم زی و ورودی های انرژی بر نسبت انرژی، انرژی ویژه و کارایی زارعان (۱۵۲)

سید مهدی نصیری[۱]

چکیده

راندمان مصرف انرژی برای تولید محصولات کشاورزی به روش های مختلفی اندازه گیری می شود. یکی از مرسوم ترین این روش ها تعیین نسبت انرژی و انرژی ویژه در واحدهای تولید محصولات کشاورزی است. در روش دیگر که اخیراً مورد توجه محققان قرار گرفته است بهینه سازی مصرف انرژی بر پایه کارایی واحد های تصمیم سازی در واحدهای تولیدی است. در این روش ورودی های انرژی با وزن های مختلف تاثیر خود را در تولید محصول دارند. کارایی با روش پارامتریک و غیر پارامتریک قابل محاسبه است و نقش مهمی را در بهینه سازی یک سیستم ایفا می کند. مطالعه حاضر تاثیر تغییر در هر یک از تعداد ورودی های انرژی و واحدهای تصمیم سازی را بر کارایی (با روش غیر پارامتریک) واحدهای تولید گندم مورد بررسی قرار داد. بدین منظور کارایی زارعان با ورودی های انرژی از منابع نیروی انسانی، دام، سوخت، الکتریسیته، ماشین، بذر، کود و مواد شیمیایی در دو حالت فوق مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد کاهش تعداد واحدهای تصمیم سازی تا میزان ۱۰ درصد هیچگونه تاثیر در میانگین کارایی زارعان نداشت. اما اختلاف معنی داری بین تیمارها در آزمون کاهش تعداد ورودی های انرژی مشاه ه شد. بیشترین مقدار کارایی (۹/۶۷) در حالتی بود که منبع ورودی انرژی سوخت حذف گردید. این موضوع بر استفاده بیش از اندازه از این منبع و تاثیر کم آن بر مقدار تولید دلالت داشت. این تحقیق به طور مشخص نشان داد که نسبت انرژی یا انرژی ویژه جایگزین مناسبی برای کارایی نیستند.

کلیدواژه: انرژی ویژه، بهینه سازی، کارایی، گندم، نسبت انرژی

۱- استادیار بخش مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه شیراز، پست الکترونیک: nasiri@shirazu.ac.ir

مقدمه

بهینه سازی فرایندی است که طی آن با دستکاری مقادیر ورودی یا خروجی یک سیستم بیشترین منفعت حاصل می شود. سیستم های کشاورزی نیز از این قاعده مستثنی نیستند و تحقیقات زیادی در زمینه بهینه سازی آنها با دیدگاه های متفاوت انجام شده است. بهینه سازی مصرف انرژی یکی از این دیدگاه ها است که طی آن به بیشترین حاصل با صرف کمترین مقدار انرژی ورودی توجه شده است. با این حال این فرایند بر پایه محاسبه راندمان هر یک از اجزائ سیستم (واحدهای تصمیم س زی[1]) استوار است.

کومار و تویدل[2] (۱۹۸۱) از شاخص نسبت انرژی (نسبت مقدار انرژی کل خروجی محصول بر حسب مگاژول برهکتار به مجموع انرژی های ورودی بر حسب مگاژول بر هکتار) برای تعیین راندمان انرژی در مزارع نیشکر استفاده کردند. ترکیب این نسبت با مقدار انرژی ویژه (نسبت مجموع انرژی های ورودی به عملکرد محصول بر حسب مگاژول برکیلوگرم) شاخص کاملتری از راندمان و عملکرد زارعان را بدست داد و محققان دیگر نیز این روش را در تعیین مقدار راندمان سیستم های مختلف اعمال کردند ([۴]، [۵]، [۶]، [۸]، [۱۶]، [۲۰] ، [۲۱]).

محاسبه کارایی[3] روش دیگری است که در تعیین راندمان مصرف انرژی زارعان مورد استفاده قرار گرفته است. این مق ار توسط توابع تولید پارامتریک ([۱]، [۱۵]، [۱۸]، [۲۲]، [۲۴]، [۲۴]، [۲۶]) یا روشهای غیر پارامتریک ([۲]، [۳]، [۷]، [۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳]، [۱۷]، [۱۹]، [۲۵]) قابل محاسبه است. صرف نظر از روش محاسبه کارایی (یا بعبارت دیگر راندمان)، مقدار آن متاثر از نوع و مقدار پارامترهای ورودی و خروجی است. در نتیجه بهینه سازی بر اساس مقادیر محاسبه شده کارایی نیز خود بخود متاثر از ورودی ها و خروجی ها خواهد شد.

کوپر و همکاران[4] (۲۰۰۴) بیان داشتند که اثر اضافه یا کم شدن تعداد وروری یا خروجی یک مدل و/یا واحدهای تصمیم سازی (در اینجا زارعان) بر روی راندمان سیستم در قالب آزمون حساسیت قابل اجرا است. نصیری (۲۰۰۷) در تعیین راندمان مصرف انرژی زارعان در مزارع گندم درپنج منطقه ایالت پنجاب هند مقدار معادل انرژی مصرفی را از منابع مختلف انرژی شامل نیروی انسانی، دام، سوخت، الکتریسیته، ماشین، بذر، کود و مواد شیمیایی برای انجام عملیات زراعی نظیر خاک ورزی، کاشت، آبیاری، دفع علف های هرز به روش مکانیکی، سمپاشی، برداشت و خرمنکوبی محاسبه نمود. نتایج نشان داد که مقدار کارایی زارعان پیشرو (با کارایی ۱۰۰٪) تحت تاثیر یکسان انرژی های ورودی نیست. طبق نتایج همبستگی قوی بین کارایی و نسبت انرژی یا انرژی ویژه زارعان گندم کار وجود داشت (به ترتیب $r = -۰/۹۱$ و$r = ۰/۹۳$). در همین راستا مطالعه حاضر با هدف تعیین حساسیت راندمان سیستم (نسبت انرژی، انرژی ویژه و کارایی) به تغییر در تعداد ورودی های انرژی و همچنین تعداد واحدهای تصمیم سازی انجام پذیرفت.

مواد و روشها:

مقدار انرژی مصرفی از هفت منبع انرژی یعنی نیروی انسانی، دام، سوخت، الکتریسیته (برق)، ماشین، بذر، کود و مواد شیمیایی (با هم) برای تولید محصول گندم توسط ۵۶ زارع منطقه لودهیانا اندازه گیری و بر حسب مگاژول بر هکتار محاسبه شد. سپس مقدار نسبت انرژی و انرژی ویژه برای تعیین حساسیت در دو آزمون کاهش تعداد ورودی انرژی (تا سه ورودی) و تعداد واحد تصمیم سازی (بطور تصادفی تا ۱۰ درصد) محاسبه گردید. کارایی (نسبت مجموع وزنی انرژی های ورودی به مقدار وزنی محصول خروجی) زارعان نیز با دو مدل غیر پارامتریک تحلیل پوششی داده ها[5] با بازگشت به مقیاس ثابت[6] و متغییر[7] با استفاده از نرم افزار DEA Solver Professional Release 4.1 محاسبه گردید. در تعیین کارایی، زارعان به دو دسته پیشرو (با کارایی ۱۰۰٪) و کم کارا تقسیم بندی شدند. با توجه به اینکه مقدار کارایی زارعان دارای توزیع نرمال نیست (کوپر و همکاران

[1] Decision Making Units (DMUs)
[2] Kumar and Twidell
[3] Technical efficiency or Pure technical efficiency
[4] Cooper et al.
[5] Data Envelopment Analysis (DEA)
[6] Constant returns-to-scale
[7] Variable returns-to-scale

۲۰۰۴)، بدین منظور روش غیر پارامتریک کوریسکال- والیس[1] برای آزمون مقایسه میانگین های این دو مدل بکاربرده شد. مقایسه میانگین نسبت انرژی و انرژی ویژه با فرض نرمال بودن داده ها توسط آزمون F و با استفاده از نرم افزار SPSS (version 11.5) انجام شد. مفروضات این پژوهش عبارت دند از ۱) یکسان بودن شرایط اقلیمی با توجه به اینکه کلیه زارعان از یک منطقه انتخاب شدند، ۲) ثابت بودن بافت خاک منطقه و حاصلخیزی آن، ۳) یکسان بودن عمق کار وسابل خاک ورزی و ۴) دسترسی یکسان زارعان به منابع انرژی. تیمارهای دو آزمون مطابق جدول های ۱ و ۲ نام گذاری شدند.

جدول ۱. تیمارهای طرح برای مقایسه میانگین ها در آزمون حساسیت تعداد واحدهای تصمیم سازی (زارعان)

تعداد زارعان حذف شده	کامل (۵۶ نفر)	۱	۲	۳	۴	۵	۶
تیمار	Tc	T1	T2	T3	T4	T5	T6

جدول ۲. تیمارهای طرح برای مقایسه میانگین ها در آزمون حساسیت تعداد ورودی های انرژی

تعداد ورودی حذف شده	انرژی ورودی حذف شده	نام تیمار
۰	۰	Tc
۱	دام	T12
	سوخت	T13
	برق	T14
	ماشین	T15
	بذر	T16
۲	دام- سوخت	T23
	دام- برق	T24
	دام- اشین	T25
	دام- بذر	T26
۳	دام- ماشین- برق	T254
	دام- ماشین- بذر	T256

نتایج و بحث:

نسبت انرژی و انرژی ویژه

نسبت انرژی بیان کننده راندمان انرژی یک سیستم است و انرژی ویژه عملکرد سیستم را در خصوص مصرف انرژی نشان میدهد. مطابق با نتایج موجود در جدول ۳ میانگین نسبت انرژی در تیمارهای مختلف آزمون کاهش تعداد واحدهای تصمیم سازی اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند. این موضوع بیانگر این است که تعداد زارعان در هر کدام از تیمارها در حد مورد قبول برای تجزیه و تحلیل بوده است. مقادیر انرژی ویژه نیز روند مشابهی را در این آزمون نشان دند. اما نسبت انرژی و انرژی ویژه در آزمون کاهش تعداد ورودی های انرژی در تیمارهای مختلف مقادیر متفاوت و معنی داری داشتند. مقدار بیشینه نسبت انرژی ۹/۶۷ و ۹/۷۲ به ترتیب در تیمارهای حذف سوخت و دام- سوخت بدان معنی است که مقدار انرژی ورودی سوخت سهم چشم گیری در افزایش عملکرد نداشته است. بعبارت بهتر بخشی انرژی سوخت صرف تولید نشده و بهدر رفته است. این بر خلاف یافته های اخیر

[1] Kruskal-Wallis

در پژوهش نصیری (۲۰۰۷) است که نشان داد تاثیر سوخت در تولید محصول نقش قابل توجهی داشت. مازاد انرژی مص ی از منبع الکتریسیته و بذر نیز از نتایج بدست آمده قابل استنتاج است. روند مشابه برای معنی دار بودن مقادیر انرژی ویژه مشاهده شد.

کارایی

در بهینه سازی مصرف انرژی وجود واحد های تصمیم سازی با کارایی ۱۰۰ درصد (پیشرو) بعنوان مرجع بهینه سازی شرایط را برای ارتقائ وضعیت واحدهای کم کارا فراهم میسازد. وجود پر تعداد واحدهای پیشرو مراجع بهینه سازی بیشتری را در اختیار مدیر خواهد گذاشت. براین اساس تعداد واحدهای پیشرو در آزمون های مختلف مشخص گردید. مطابق نم دار ۱ تیمارهای مختلف کاهش تعداد واحد های تصمیم سازی تاثیر قابل ملاحظه ای بر نسبت زارعان پیشرو نداشت. این بدان معنی است که بهینه سازی مصرف انرژی در تیمارهای مختلف با مرجع نسبتا یکسانی انجام خواهد شد. در آزمون کاهش ورودی های انرژی (شکل ۲) تفاوت قابل ملاحظه ای در تیمارهای مختلف از لحاظ وجود زارعان پیشرو مشاهده شد. بیشترین تعداد زارعان پیشرو در تیمار های Tc، T14، T15 و T16 به ترتیب با درصد ۴۱/۰۷، ۳۲/۱۴، ۳۵/۷۱ و ۳۷/۵۰ با بازگشت به مقیاس ثابت بود. مطابق شکل با کاهش تعداد ورودی ها از تعداد زارعان پیشرو کاسته شده است. این موضوع نشان میدهد که ترکیب بیشتری از منابع انرژی در تولید محصول دخیل بوده است. از طرف دیگر تفاوت بین تیمار کامل Tc و تیمارهای T15,T14 و T16 زیاد نیست. بنابر این کاهش مصرف انرژی از منابع انرژی الکتریسیته، ماشین و بذر تاثیر چندانی در ترکیب انرژی مصرفی زارعان پیشرو ندارد. این

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار مقادیر نسبت انرژی و انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم) زارعان گندم در دو حالت تغییر در ورودی های انرژی و تعداد واحدهای تصمیم سازی (زارعان)

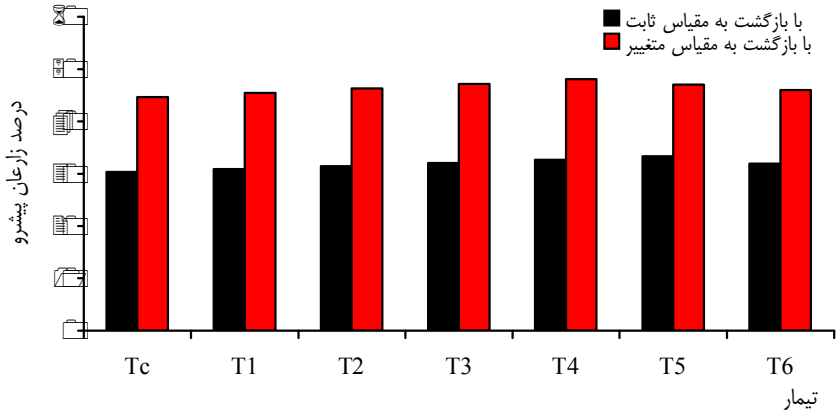
تغییر در تعداد واحدهای تصمیم سازی

تیمار		Tc	T1	T2	T3	T4
نسبت انرژی	میانگین	^{a} ۷/۴۸	^{a} ۷/۴۸	^{a} ۷/۴۶	^{a} ۷/۴۵	^{a} ۷/۴۷
	SD	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲
انرژی ویژه (MJ/kg)	میانگین	^{a} ۳/۶	^{a} ۳/۶	^{a} ۳/۶	^{a} ۳/۶	^{a} ۳/۶
	SD	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰

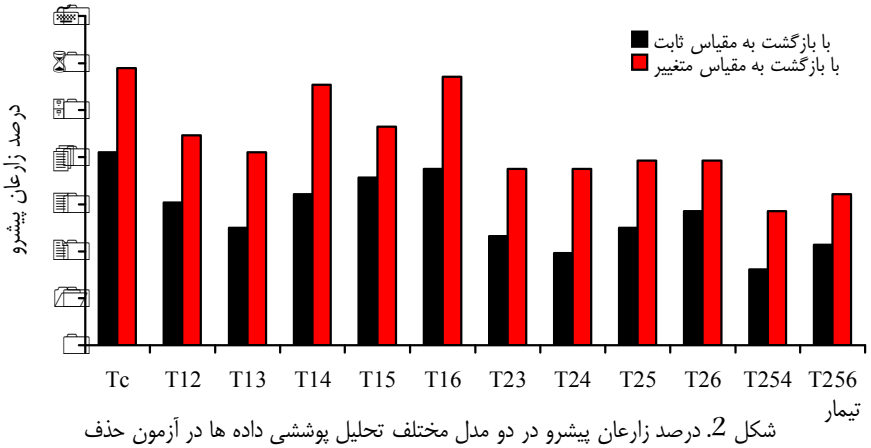
تغییر در تعداد ورودی های انرژی

تیمار		Tc	T12	T13	T14	T15	T16	T23	T24	۵
نسبت انرژی	میانگین	۷/۴۶^{ad}	^{ad} ۷/۴۸	^{b} ۹/۶۷	^{cde} ۸/۰۰	^{acd} ۷/۶۷	^{cef} ۸/۲۳	^{b} ۹/۷۲	^{cde} ۸/۰۶	۶۹
	SD	۰/۵۹	۰/۶۱	۰/۸۹	۰/۶۵	۰/۶۱	۰/۷۰	۰/۹۰	۰/۶۷	
انرژی ویژه (MJ/kg)	میانگین	^{ad} ۳/۶۴	^{ad} ۳/۶۳	^{b} ۲/۸۱	^{cde} ۳/۳۸	^{acd} ۳/۴۵	^{cef} ۳/۳۰	^{b} ۲/۸۰	^{cde} ۳/۳۷	۵۳
	SD	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۹	

حروف مشابه در هر ردیف اختلاف معنی داری را بین اعداد درج شده در همان ردیف نشان نمیدهد. سطح معنی داری ۵ درصد می باشد. موضوع قبلا نیز در تحقیق نصیری (۲۰۰۷) با روشی متفاوت و نتیجه ای مشابه بیان شده بود.



شکل 1. درصد زارعان پیشرو در دو مدل مختلف تحلیل پوششی داده ها در آزمون حذف واحدهای تصمیم سازی



شکل 2. درصد زارعان پیشرو در دو مدل مختلف تحلیل پوششی داده ها در آزمون حذف ورودی های انرژی

بر اساس نتایج جدول ۴ اختلاف معنی داری بین میانگین کارایی زارعان در آزمون کاهش تعداد واحدهای تصمیم سازی مشاهده نشد. این آزمون نشان داد میانگین کارایی زارعان به کاهش تعداد مشاهدات در حالیکه تعداد مشاهدات بیش از ۵۰ باشد حساسیت ندارد. همچنین مقادیر انحراف معیار نشان داد که دامنه تغییرات مقادیر کارایی واحدها در اثر کاهش آنها تغییری ننموده و عدم حساسیت کارایی به تعداد واحدهای تصمیم سازی را تبیین نمود. آزمون دوم روند متفاوتی را نشان داد و بیشترین کارایی (۰/۹۴۸) در تیمار کامل Tc مشاهده شد. گرچه تیمار کامل دارای بالاترین مقدار نسبت انرژی، انرژی ویژه و کارایی بود اما مطابق داده های جداول ۳ و ۴ همبستگی قوی بین نسبت انرژی و کارایی در آزمون کاهش تعداد ورودی های انرژی مشاهده نشد ($r = -0/50$ برای مدل بازگشت به مقیاس ثبت و ۰/۲۱ برای مدل بازگشت به مقیاس متغییر). همبستگی میان کارایی و انرژی ویژه نیز روند مشابهی را نشان داد ($r = 0/53$ برای مدل بازگشت به مقیاس ثابت و ۰/۲۱ برای مدل بازگشت به مقیاس متغییر). در نتیجه وجود همبستگی بین نسبت انرژی و کارایی یا انرژی ویژه و کارایی همواره برقرار نیست و هر کدام از این دو مقدار نمی تواند جایگزینی برای کارایی و یا برعکس باشد. گرچه در تحقیقات نصیری (۲۰۰۷) همبستگی قوی بین کارایی (با بازگشت به مقیاس ثابت) و نسبت انرژی یا انرژی ویژه نشان داده شد (به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۹۱-) اما با توجه به اینکه در تحقیق حاضر تیمارهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند بنابر این نتیجه آن قابلیت تعمیم دارد.

جدول ۴. میانگین و انحراف معیار مقادیر کارایی زارعان گندم در دو حالت تغییر در ورودی های انرژی و تعداد واحدهای تصمیم سازی (زارعان)

تیمار		Tc	T1	T2	T3
تغییر در تعداد واحدهای تصمیم سازی					
کارایی در حالت بازگشت به مقیاس ثابت	میانگین	۰/۹۲۹[a]	۰/۹۲۸[a]	۰/۹۲۸[a]	۰/۹۲۷[a]
	SD	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷
کارایی در حالت بازگشت به مقیاس متغییر	میانگین	۰/۹۶۷[a]	۰/۹۶۶[a]	۰/۹۶۹[a]	۰/۹۶۸[a]
	SD	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴

تیمار		Tc	T12	T13	T14	T15	T16	T23	T24
تغییر در تعداد ورودی های انرژی									
کارایی در حالت بازگشت به مقیاس ثابت	میانگین	۰/۹۴۸[a]	۰/۹۲۹[ab]	۰/۹۱۹[ab]	۰ /۹۴۵[a]	۰/۹۴۱[ab]	۰/۹۴۳[a]	۰/۹۱۶[ab]	۰/۹۲۳[ab]
	SD	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶
کارایی در حالت بازگشت به مقیاس متغییر	میانگین	۰/۹۸۱[a]	۰/۹۶۷[ac]	۰/۹۷۰[ac]	۰/۹۷۹[ad]	۰/۹۷۰[ac]	۰/۹۷۶[ad]	۰/۹۶۳[ac]	۰/۹۶۳[ac]
	SD	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴

حروف مشابه در هر ردیف اختلاف معنی داری را بین اعداد درج شده در همان ردیف نشان نمیدهد. سطح معنی داری ۵ درصد میباشد.

نتیجه گیری:

نتایج نهایی این مطالعه را میتوان بصورت زیر بیان کرد:

۱. تغییر تعداد ورودی های انرژی الگوی متفاوتی را از نسبت انرژی، انرژی ویژه و کارایی بدست میدهد.

۲. آرایش متفاوت معنی دار بودن مقادیر انرژی ویژه، نسبت انرژی و کارایی نشان داد که انرژی ویژه و نسبت انرژی جایگزین مناسبی برای کارایی و یا برعکس نیست.

۳. کاهش تعداد واحدهای تصمیم سازی در حالیکه تعداد نمونه زیاد باشد (بیش از ۵۰) تاثیری در میانگین کارایی ندارد. بنابر این نتایج نمونه های بیش از ۵۰ قابل اتکا می باشد. انرژی ویژه و نسبت انرژی

منابع:

1. Arega D. A., V. M. Manyong and J. Gockowski. 2006. The production efficiency of intercropping annual and perennial crops in southern Ethiopia: A comparison of distance function and production frontiers. *Agricultural Systems*, Volume 91, Issue 1-2: 51-70.

2- Bames A P. 2006. Does multi-functionality affect technical efficiency? A non-parametric analysis of the Scottish dairy industry. *Journal of Environmental Management*, Volume 80, Issue 4: 287-294.

3- Bhushan S. 2005. Total factor productivity growth of wheat in India: A Malmquist approach. *Indian Journal of Agricultural Economics*, Volume 60**,** Issue 1**:** 32-48.

4- Boehmel C., I. Lewandowski and W. Claupein. 2008. Comparing annual and perennial energy cropping systems with different management intensities. *Agricultural Systems*, Volume 96, Issues 1-3: 224-236.

5- Canakci M. and I. Akinci. 2006. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. *Energy*, Volume 31, Issues 8-9: 1243-1256.

6- Canakci M, M. Topakci, I. Akinci and A. Ozmerzi. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region, Turkey. *Energy Conversion and Management*, Volume 46, Issue 4: 655-666.

7- Chauhan N. S., P. K. J. Mohapatra and K. P. Pandey. 2006. Improving energy productivity in paddy production through benchmarking: An application of data envelopment analysis. *Energy Conversion and Management*, Volume 47**:** 1063-1085.

8- Conforti P. and M. Giampietro. 1997. Fossil energy use in agriculture: an international comparison. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 65, Issue 3: 231-243.

9- Cooper W W, Seiford L M and Tone K (2004) *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software.* Kluwer Academic Publishers.Massachusetts.USA.

10- Cubbin J. and G. Tzanidakis. 1998. Regression versus data envelopment analysis for efficiency measurement: an application to the England and Wales regulated water industry. *Utilities Policy*, Volume 7**:** 75–85.

11- Galanopoulos K., S. Aggelopoulos, I. Kamenidou and K. Mattas. 2006. Assessing the effect of managerial and production practices on the efficiency of commercial pig farming. *Agricultural systems*, Volume 88**:** 125-141.

12- Jebaraj A. and S. Iniyan. 2006. A review of energy models. *Renewable and sustainable Energy Reviews*, Volume 10**:** 281-311.

13- Johanes J. 2006. Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of Education Review*, Volume 25**:** 273-288.

14- Kumar M. and J. W. Twidell. 1981. Energy analysis of some sugarcane farms in Fiji: Considering labour and machine use. E*nergy*, Volume 6, Issue 2: 139-152.

15- Liu Z. and J. Zhuang. 2000. Determinants of Technical Efficiency in Post-Collective Chinese Agriculture: Evidence from Farm-Level Data. *Journal of Comparative Economics*, Volume 28, Issue 3: 545-564.

16- Mittal J. P., B. S. Bhullar, S. D. Chhabra and O. P. Gupta.1992. Energetic of wheat production in two selected villages of Uttar Pradesh in India. *Energy Conversion and Management*, Volume 33, Issue 9: 855-865.

17- Nassiri S. M. 2007. Energy use efficiency for paddy and wheat crops in Punjab using Data Envelopment Analysis. Unpublished Ph.D. Dissertation. College of Agricultural Engineering, Punjab Agricultural University, Ludhiana, India.

18- Ndanusa B., M. Norman and D. W. Norman. 1984. Efficiency differentials in the traditional agriculture of Northern Nigeria. *Agricultural Systems*, Volume 14, Issue 4: 213-228.

19- Sarker D. and S. De. 2004. High technical efficiency of farms in two different agricultural lands: A study under deterministic production frontier approach. *Indian Journal of Agricultural Economics*, Volume 59, Issue 2: 197-208.

20- Singh S., J. P. Mittal, M. P. Singh and R. Bakhshi. 1988. Energy-use patterns under various farming systems in Punjab. *Applied Energy*, Volume 30, Issue 4: 261-268.

21- Singh S., M. P. Singh and R. Bakhshi. 1990. Unit energy consumption for paddy-wheat rotation. *Energy Conversion and Management*, Volume 30, Issue 2: 121-125.

22- Steven M., H. S. Levine and E. S. Levine. 2004. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. *Agricultural Economics*, Volume 31, Issue 2-3: 241-249.

23- Tadesse B. and S. Krishnamoorthy. 1997. Technical efficiency in paddy farms of Tamil Nadu: An analysis based on farm size and ecological zone. *Agricultural Economics*, Volume 16, Issue 3: 185-192.

24- Thiam A., B. Bravo-Ureta and T. E. Rivas. 2001. Technical efficiency in developing country agriculture: a meta-analysis. *Agricultural Economics*, Volume 25, Issue 2-3: 235-243.

25- Wu Y. 1995. Productivity Growth, Technological Progress, and Technical Efficiency Change in China: A Three-Sector Analysis1. *Journal of Comparative Economics*, Volume 21, Issue 2: 207-229.

26- Zaibet L. and P. S. Dharmapala. 1999. Efficiency of government-supported horticulture: the case of Oman. *Agricultural Systems*, Volume 62, Issue 3:159-168.