

ارزیابی کارایی صنعت خودرو با استفاده از داده‌های تلفیقی

سید عبدالله رضوی*

محمد جواد رزمی**

مصطفی سلیمی فر***

علی اکبر ناجی میدانی****

چکیده

در این مقاله به منظور ارزیابی کارایی صنعت خودرو در ایران، یک تابع تولید مرزی تصادفی با استفاده از داده‌های تلفیقی چهار شرکت بزرگ خودروساز، برآورد شده است. تابع تولید از نوع کاب - داگلاس با دو نهاد نیروی کار و سرمایه و به شکل خطی لگاریتمی در نظر گرفته شده و به منظور تفکیک اثرات خارج از کنترل بنگاه‌ها بر ناکارایی آن‌ها مدل اثرات تصادفی با دو فرض ثابت بودن و متغیر بودن ناکارایی در طول زمان برآورد می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که کارایی صنعت خودرو بین ۹۷/۳ تا ۹۶/۶ درصد است. همچنین نتایج نشان می‌دهد بازدهی به مقیاس در صنعت خودرو فزاینده است.

واژگان کلیدی: کارایی اقتصادی، صنعت خودرو، تابع تولید مرزی تصادفی، داده‌های تلفیقی، مدل اثرات ثابت و تصادفی.

طبقه‌بندی JEL: D61، C23

* دانشجوی دکتری اقتصاد فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)

** عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

*** عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

**** عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه

بررسی‌ها نشان می‌دهد که طی سال‌های اخیر، سهم صنعت خودور در تولیدات صنعتی کشور روندی فزاینده داشته است، به طوری که سهم تولید خودرو در کل تولیدات صنعتی از ۱۰/۵ درصد در سال ۱۳۷۹ به ۲۱ درصد در سال ۱۳۸۶ افزایش یافته است. وجود پیوندهای پسین^۱ و پیشین^۲ قوی بین این صنعت و همچنین فرصت‌های شغلی موجود و بالقوه نشان از اهمیت این صنعت در مجموعه صنایع کشور است. بنابراین شناخت وضعیت این صنعت حائز اهمیت است. یکی از مسائل مهم در شناسایی صنایع، ارزیابی کارایی هر صنعت است. کارایی را می‌توان به کارایی فنی و کارایی تخصیصی تقسیم نمود. کارایی فنی مربوط به نحوه بهره‌برداری از منابع تولید است و نشان دهنده حداکثر تولید ممکن با استفاده از نهاده‌های موجود است. در واقع کارایی تولیدی به ساختار تابع تولید و نحوه ترکیب عوامل تولید مربوط می‌شود. کارایی تخصیصی نشان می‌دهد که آیا یک بنگاه در هر سطحی از قیمت نهاده‌های تولید به نحو بهینه منابع تولید را تخصیص داده است یا خیر؟ در واقع کارایی تخصیصی نحوه تصمیم‌گیری عقلایی بنگاه‌ها را براساس فرض حداکثر سازی سود در هر سطحی از قیمت را نشان می‌دهد. رویکرد جامع‌تر به مفاهیم کارایی فنی و تخصیصی، هر دو مفهوم را در مفهوم کارایی اقتصادی خلاصه می‌کند. بر این اساس کارایی اقتصادی نشان دهنده کارایی فنی و تخصیصی یک بنگاه است. به طور کلی روش‌های مختلفی برای سنجش کارایی وجود دارد.

بررسی ادبیات تجربی نشان می‌دهد که مطالعات بسیار گسترده‌ای در ارزیابی صنایع مختلف زمینه‌هایی همچون صنعت هواپیمایی، نفت، بانکداری و کشاورزی و غیره صورت گرفته است که از جمله می‌توان به مطالعات زیر اشاره نمود:

هانت - مک کول، کوه و فرانسیس (۱۹۹۶)، استانتن (۲۰۰۲) کارایی فنی را در مؤسسات مالی، فرناندز، کوپ و استیل (۲۰۰۰)، لوزانو - ویوازامپری (۲۰۰۲) کارایی فنی در صنعت بانکداری، ودود و وایت (۲۰۰۰)، ژانگ (۲۰۰۲) کارایی فنی در صنعت کشاورزی، رینهارد، لاول و سیجسن (۱۹۹۹)، آمازا و الایمی (۲۰۰۲) کارایی در

1- Backward Linkages
2- Forward Linkages

اقتصاد محیط زیست، پرلمن و پستیانو (۱۹۹۴)، و ورتینگتون و دالری (۲۰۰۲) کارایی در بخش عمومی را بررسی کرده اند. ماناگی و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی اثر تغییرات تکنولوژی بر روی کارایی در صنعت و گاز خلیج مکزیک طی سالهای ۱۹۴۷ تا ۱۹۹۸ با استفاده از رویکرد سری های زمانی و تحلیل پوششی داده ها برای تعیین مرز کارایی پرداخته اند. الر و همکاران (۲۰۰۷) به سنجش کارایی شرکت های بین المللی نفت با استفاده از دو روش تحلیل پوششی داده ها (DEA) و تحلیل مرزی تصادفی (SFA)^۱ پرداخته است. ولف (۲۰۰۹) نیز با در نظر گرفتن داده های سرمایه گذاری، نیروی کار و ذخایر نفت و گاز از طریق یک مدل رگرسیونی به برآورد میزان تولید پرداخته است که در نهایت کارایی شرکت های بین المللی نفت را محاسبه کرده است.

ساختار مقاله حاضر به صورت زیر می باشد: در بخش دوم در این مقاله ابتدا مروری بر مفاهیم کارایی صورت گرفته است و بخش سوم به تشریح تکنیک های پارامتری مرز تولید اختصاص یافته است. بخش چهارم صنعت خودروسازی و جایگاه آن در اقتصاد ایران مورد بررسی قرار گرفته و در بخش به برآورد تابع تولید مرزی تصادفی صنعت خودرو پرداخته شده است. در این بخش با استفاده از داده های تلفیقی و روش های اقتصاد سنجی تابع تولید مرزی تصادفی صنعت خودرو برآورد شده است. در برآورد مدل از داده های چهار شرکت خودروساز؛ ایران خودرو، سایپا، پارس خودرو و گروه خودروسازی بهمن استفاده شده است. بر این اساس فرم خطی لگاریتمی تابع تولید کاب - داگلاس برای صنعت خودرو برآورد شده است. به منظور تفکیک اثرات خارج از کنترل بنگاهها (شوکه های برونزا) بر ناکارایی بنگاه ها مدل اثرات تصادفی برآورد می شود. در نهایتاً در بخش آخر به نتیجه گیری مقاله پرداخته شده است.

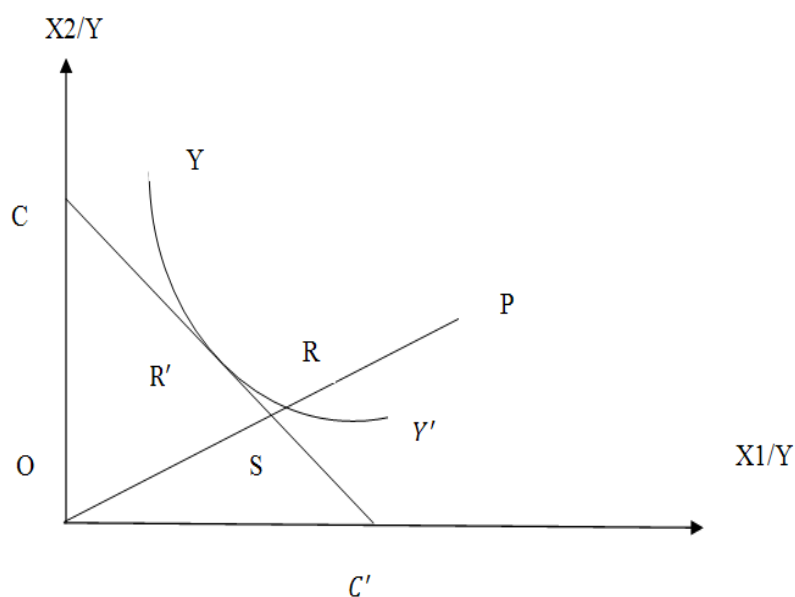
کارایی اقتصادی

سنجش کارایی اقتصادی همراه با استفاده از مفهوم تابع مرزی^۲ است. ادبیات مدرن در هر دو زمینه با مقاله فارل (۱۹۵۷) شکل گرفت. فارل بر اساس تعریف کوپمنز

1- Stochastic Frontier Analysis

۲- تابع مرزی یا مرز امکانات تولید (Frontier Function) در حقیقت مکان هندسی نقاطی است که تولید در آنها کاراست. (حداکثر تولید ممکن با ترکیب عوامل تولید موجود)

(۱۹۵۱) و دبرو (۱۹۵۱) از کارایی، کارایی کلی یک واحد اقتصادی را به کارایی فنی^۱ و تخصیصی^۲ تفکیک نمود. وی نشان داد که چگونه تولید یک واحد اقتصادی ناکارا کمتر از مقدار حداکثر تولید ممکن با استفاده از نهاده‌های موجود است (ناکارایی تولیدی) و یا در هر سطحی از قیمت‌های نهاده‌های تولیدی ترکیبی از نهاده‌ها را خریداری می‌کند که تولید هر نهاده برابر قیمت آن نیست (ناکارایی تخصیصی).



شکل ۱. سنجش کارایی فنی و تخصیصی

شکل (۱) تحلیل کارایی توسط فارل (۱۹۵۷) را شرح می‌دهد. با فرض ثابت بودن بازدهی به مقیاس^۳ (CRS)، منحنی تولید یکسان^۴ نشان دهنده حداقل نهاده‌هایی است که برای تولید هر واحد محصول نیاز است. تحت این شرایط تمام نقاط روی منحنی هم مقدار تولید، از نظر فنی کارا هستند در حالی که نقاط پایین‌تر یا بالاتر از منحنی مانند نقطه P نشان دهنده یک نقطه ناکارایی فنی هستند؛ زیرا، ترکیب نهاده‌هایی که تولید کننده استفاده می‌کند بیش از مقداری است که برای تولید یک واحد محصول نیاز

1 - Technical
2 - Allocative
3 - Constant Return to Scale
4 - Iso-quant

است. بنابراین فاصله RP تقسیم بر OP مقدار ناکارایی فنی را نشان می‌دهد. از نظر هندسی ناکارایی فنی در نقطه P را می‌توان به صورت نسبت RP/OP نشان داد، بنابراین کارایی فنی تولیدکننده برابر نسبت OR/OP است.

اگر اطلاعات درباره قیمت‌های بازار به‌ویژه رفتار بنگاه‌ها، مثل حداکثرسازی سود یا حداقل‌سازی هزینه‌ها معلوم باشد به گونه‌ای که نسبت قیمت نهاده‌ها شیب منحنی YY را نشان دهد، کارایی تخصیصی مطابق شکل (۱) برابر فاصله نسبی SR یعنی نسبت SR/OR است. با توجه به اینکه نقطه R ترکیب نهاده‌ها با کمترین هزینه را نشان می‌دهد، نسبت SR/OR نشان دهنده مقدار کاهش در هزینه‌هاست که تولیدکننده باید انجام دهد تا از نقطه ای که به لحاظ فنی کاراست اما دارای کارایی تخصیصی نیست (یعنی نقطه R) به سمت نقطه‌ای حرکت کند که دارای کارایی فنی و کارایی تخصیصی است (یعنی نقطه R) حرکت کند. بر اساس مفاهیم کارایی تخصیصی AE و فنی TE، فارل (۱۹۵۷) مفهوم کارایی کلی^۱ (فراگیر) را تعریف می‌کند که در ادبیات کارایی از آن به کارایی اقتصادی^۲ (EE) یاد می‌شود. کارایی اقتصادی در حقیقت حاصلضرب اجزاء کارایی تخصیصی و فنی است:

$$EE = TE.AE = OR/OP \times \frac{OS}{OR} = OS/OP$$

معیار بخش کارایی فارل دارای یک چارچوب نهاده محور^۳ (مبنی بر نهاده‌های تولید) است. چارچوب محصول محور^۴ (مبتنی بر محصول) سنجش کارایی را می‌توان در آثار فارل، گروسکوف و لاول (۱۹۸۵ و ۱۹۹۴) یافت. فار و لاول (۱۹۷۸) نشان دادند که تحت شرایط بازده به مقیاس ثابت CRS معیارهای نهاده محور (مبتنی بر نهاده‌های تولید) و محصول محور (مبتنی بر محصول) کارایی برابرند. فورساند و جالمارسون (۱۹۷۹) و کوپ (۱۹۸۱) نشان می‌دهند که حتی در شرایطی که بازدهی به مقیاس ثابت نیست باز هم برابری معیارهای محصول محور و نهاده محور کارایی برقرار است.

فار، گروسکوف و لاول (۱۹۸۵ و ۱۹۹۴) و لاول (۱۹۹۲) کارایی تخصیصی را در چارچوب محصول محور (مبتنی بر محصول) از نقطه نظر بنگاه حداکثر کننده درآمد

1- Overall Efficiency
2- Economic Efficiency
3- Input - Oriented
4- Output Oriented

بررسی کرده‌اند. کومباکار (۱۹۸۷)، فار، گرسکوف و لاول (۱۹۹۴) و فار، گروسکوف و وبر (۱۹۹۷) کارایی تخصیصی را بر اساس فرض حداکثرسازی سود بررسی کرده‌اند. در این رویکرد هر دو فرض حداکثرسازی درآمد (چارچوب محصول محور) و حداقل سازی هزینه (چارچوب نهاده محور) قابل بررسی است.

تکنیک‌های زیادی برای برآورد تابع مرزی وجود دارد. به‌طور کلی می‌توان این تکنیک‌ها را در دو گروه روش‌های پارامتری و ناپارامتری تقسیم بندی کرد. در روش پارامتری یک شکل از پیش تعیین شده برای تابع مرزی فرض می‌شود؛ در حالی که در روش ناپارامتری شکل تابعی خاص از پیش در نظر گرفته نمی‌شود بلکه بر اساس مشاهدات نمونه‌ای تابع مرزی برآورده می‌شود. رویکرد ناپارامتری، روش تحلیل پوششی داده‌ها^۱ (DEA)، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی، برای استخراج تابع مرزی بر اساس مشاهدات و محاسبه رتبه کارایی است. رویکردهای پارامتری به دو دسته مدل‌های معین و تصادفی تقسیم می‌شوند. دسته اول به "مدل‌های مرز کامل"^۲ شناخته می‌شوند. زیرا این مدل‌ها تمام مشاهدات را در بر می‌گیرند. در این مدل‌ها ناکارایی تکنیکی به صورت فاصله بین تولید مشاهده شده و حداکثر تولید ممکن با استفاده از نهاده‌های موجود (که تعیین کننده مرز تولید است) نشان داده می‌شود. در تصریح معین^۳، فرض می‌شود که هرگونه انحراف از مرز کارا تحت کنترل تولیدکننده است. می‌دانیم شرایطی وجود دارد که تحت کنترل تولیدکننده نیست و می‌تواند باعث عملکرد غیربهبوده واحد اقتصادی شود. شرایط رقابتی، قوانین و مقررات، شرایط آب و هوایی، عوامل اقتصادی - اجتماعی و جغرافیایی می‌تواند بر ناکارایی بنگاه‌ها اثر بگذارند.

علاوه بر این از نقطه نظر تکنیک‌های معین هرگونه مشکل تصریح^۴ را می‌توان به‌عنوان یک ناکارایی در نظر گرفت. در مقابل، در مدل‌های مرز تصادفی، خطاهای تصریح و عوامل غیرقابل کنترل به صورت مستقل از ناکارایی بنگاه اقتصادی مدل‌سازی می‌شوند. این کار با استفاده از تصریح جزء خطای دوسویه در مدل‌های اقتصادسنجی صورت می‌گیرد.

1- Data Envelopment Analysis
2- Full Frontier Models
3- Deterministic Specification
4- Specification Problem

تقسیم‌بندی دیگر مدل‌های مرز تولید می‌تواند براساس ابزارهای حل مدل‌ها به ویژه برنامه‌ریزی ریاضی و رویکردهای اقتصادسنجی صورت گیرد. برای این اساس می‌توان مرز تولید معین را با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی و یا تکنیک‌های اقتصادسنجی به دست آورد. اما مدل‌های تصادفی مرز تولید تنها با استفاده از تکنیک‌های اقتصادسنجی برآورد می‌شوند. بیشتر ادبیات مربوط به اندازه‌گیری کارایی اقتصادی مبتنی بر روش‌های پارامتری و ناپارامتری است. مسأله روش برآورد فیزیکی از مسایل مورد مناقشه در بین مدلسازان است. برخی از محققین روش‌های پارامتری (برگر، ۱۹۹۳) را ترجیح می‌دهند در حالیکه سایر محققین رویکرد ناپارامتری را ترجیح می‌دهند (سیفورد و ترال ۱۹۹۰). مهمترین نقص رویکردهای ناپارامتری ماهیت معین^۱ آنها است. برای مثال در تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) بین اثرات نوزهای آماری^۲ و ناکارایی فنی فرق گذاشته نمی‌شود.

تکنیک‌های پارامتری مرز تولید

چارچوب داده‌های مقطعی^۳

در قالب تابع تولید با داده‌های مقطعی، مرز تولید پارامتری را به شکل زیر در نظر می‌گیریم:^۴

$$Y_i = f(x_i, \beta) TE_i \quad (1)$$

که در آن $i = 1, \dots, I$ تعداد تولیدکنندگان در یک صنعت، y تولید هر بنگاه، x برداری از N نهاد تولید و $f(0)$ مرز تولید است که به نهاده‌ها و بردار پارامترهای فنی یعنی β بستگی دارد. TE_i نشان دهنده کارایی فنی تولیدکننده i مبتنی بر محصول است که به صورت نسبت تولید تحقق یافته به حداکثر تولید ممکن تعریف می‌شود:

$$TE_i = \frac{y_i}{f(x_i, \beta)} \quad (2)$$

معادله (۱) را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

1- Deterministic Nature

2- Statistical Noise Effects

3- Cross – Sectional Frame Work

۴ - اثبات رابطه (۱) در کتاب "سنجش بهره‌وری در صنعت نفت" انتشارات مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی نوشته کریم بیات و همکاران موجود است.

$$J_i = f(x_i, \beta)e \times P(-u_i) \quad u_i \geq 0 \quad (۳)$$

که در آن u_i نشان دهنده انحراف تولید از مرز تولید هر تولید کننده (ناکارایی فنی) است. مثبت بودن u_i تضمین می کند $TE_i \leq 1$ باشد که با معادله (۲) سازگار است. فرض می کنیم که تکنولوژی تولید (تابع تولید) دارای شکل خطی لگاریتمی از نوع تابع تولید کاب داگلاس باشد. بنابراین مرز تابع تولید معین^۱ به شکل زیر خواهد بود:

$$(۴)$$

$$\ln y_i = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_{ni} - u_i$$

زمانی که پارامترهای ساختار تولید تعیین شود، می توان با استفاده از روش های برنامه ریزی آرمانی^۲ و اقتصاد سنجی، بردار ضرایب و همچنین u_i و TE_i را برآورد کرد. در روش های برنامه ریزی آرمانی پارامترهای تابع تولید از حل مسائل بهینه سازی معین^۳ بدست می آید. آینر و چو (۱۹۶۸)، تیمر (۱۹۷۱)، فورساند و جالمارسون (۱۹۷۹) نیشیمیزو و پیچ (۱۹۸۲)، بیورک، جالمارسون و فورساوند (۱۹۹۰) با استفاده از این روش پارامترهای تابع تولید را برآورد کرده اند. مهمترین ایراد روش برنامه ریزی آرمانی این است که پارامترهای تابع تولید بر اساس تکنیک های برنامه ریزی ریاضی برآورد می شوند و جنبه های آماری نادیده گرفته می شود.^۴ این امر باعث پیچیده تر شدن استنباط آماری می شود و آزمون فرض امکان پذیر نیست. برای حل این مشکلات می توان از روش های اقتصاد سنجی استفاده نمود. بر اساس نحوه تصریح جزء خطای مدل رویکردهای اقتصادسنجی به دو گروه رویکرد معین^۵ و تصادفی^۶ تقسیم می شوند. در رویکرد معین، ساختار تولید مشابه رویکرد برنامه ریزی ریاضی در نظر گرفته می شود اما به جای اینکه پارامترها محاسبه شوند آنها را برآورد می کنیم. در این شرایط استنباط آماری امکان پذیر است. روش های مختلفی چون روش حداقل مربعات معمولی تعدیل شده^۷ (ریچارد ۱۹۷۴)، حداقل مربعات معمولی تصحیح شده^۸

1 - Deterministic Frontier Production Function
2 - Good Programming
3 - Deterministic Optimization Problem

۴- یعنی تأثیر عوامل خارج از کنترل بنگاه ها در نظر گرفته نمی شود.

5 - Deterministic Approach
6 - Stochastic Approach
7 - Modified Ordinary Least Squares
8 - Corrected Ordinary least squares

(گابریلسن ۱۹۷۵) و حداکثر درست‌نمایی^۱ (گرین a, ۱۹۸۰) برای برآورد پارامترهای مدل مرز تولید توسعه یافته است.

برخلاف رویکرد ریزی ریاضی، در مدل‌های معین اقتصادسنجی، کارایی اقتصادی به عنوان یک عامل توضیح دهنده تغییرات تولید در نظر گرفته می‌شود اما این مدل‌ها با یک شکل جدی یعنی در نظر نگرفتن شوک‌های تصادفی مواجهند. بنابراین مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی و مدل‌های معین اقتصاد سنجی، معیار دقیقی از ساختار تولید ارائه نمی‌دهند. برای حل این مشکل می‌توان از مدل‌های تصادفی اقتصادی استفاده نمود. آیترا، لاول و اشمیت (۱۹۷۷) و میونس و فون بروک (۱۹۷۷) به طور همزمان مدل‌های تصادفی مرز تولید^۲ (SFM) را با وارد کردن شوک‌های برونزای تصادفی خارج از کنترل واحد اقتصادی بسط و گسترش دادند همچنین این مدلها خطای اندازه‌گیری تولید بنگاه‌ها را نیز در بر می‌گیرند، تابع تولید را از نوع کاب داگلاس در نظر می‌گیریم. فرم خطی لگاریتمی مرز تولید به صورت زیر خواهد بود:

$$\ln y_i = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_{ni} + v_i - u_i \quad (5)$$

جزء $v_i - u_i$ جز خطای ترکیبی است که در آن v_i نشان دهنده شوک‌های تصادفی و u_i نشان دهنده ناکارایی فنی است. فرض می‌شود که v_i دارای توزیع یکسان و مستقل باشد.

چارچوب داده‌های تابلویی (تلفیقی)^۳

مدل‌های کارایی فنی ثابت در طول زمان^۴

برآوردهای مدل‌های تصادفی با داده‌های مقطعی اریب^۵ و ناسازگار است. برای حل این دو مشکل می‌توان از داده‌های تلفیقی استفاده نمود. اشمیت و سیکلس (۱۹۸۴) برخی از مزیت‌های مدل‌های تصادفی مرز تولید با داده‌های تلفیقی^۶ را در مقابل مدل‌های تصادفی مرز تولید با داده‌های مقطعی برشمرده‌اند. در مدل‌های با داده‌های

1 -Maximum Likelihood Estimation

2 - Stochastic Frontier Models

3 -Panel Data Frame work

4-Technical Efficiency Time-invariant Model

5-Biased

6-Panel Data Stochastic Frontier Models (PDMS)

مقطعی فرض می‌شود که جزء ناکارایی مدل (u_i) مستقل از سطح نهاده‌های تولید است؛ در برآورد مدل‌های داده‌های تلفیقی چنین فرضی لازم نیست. زمانی که در تصریح مدل به معرفی رگرسورهای ثابت نیاز است، این موضوع از اهمیت بالایی برخوردار است^۱. همچنین زمانی که مشاهدات در طول زمان در نظر گرفته می‌شوند، برآوردهای جزء ناکارایی مدل سازگار خواهد بود. علاوه بر این زمانی که از داده‌های تلفیقی استفاده می‌کنیم، نیازی نیست که فرض معینی درباره جزء ناکارایی در نظر بگیریم و تمام پارامترهای مرز تولید را می‌توان با استفاده از روش‌های برآورد داده‌های تلفیقی به دست آورد.

مدل تابع تولید مرزی زیر را در نظر می‌گیریم که در آن نویزهای آماری و تصادفی در بین بنگاه‌های اقتصادی و در طول زمان تغییر می‌کند، اما جزء خطای ناکارایی (که در بین بنگاه‌ها ناقرینه است) تنها در طول زمان تغییر می‌کند. اگر ناکارایی را سیستماتیک در نظر بگیریم و بر این اساس u_i ها خاص هر بنگاه ثابت باشد، مدل بدست آمده اصطلاحاً مدل اثرات ثابت^۲ نامیده می‌شود:

$$y_{it} = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n X_{nit} + v_{it} - u_i \quad U_i \geq 0 \quad (6)$$

بنابراین با استفاده از تبدیل " درون - گروهی"^۳ می‌توان بعد از اینکه تمام مشاهدات به صورت انحراف از میانگین درآمد، مدل را با استفاده از روش OLS برآورد نمود.

$$(Y_{it} - \bar{Y}) = \beta_n (X_{nit} - \bar{X}_{ni}) + v_{it} \quad (7)$$

روش دیگر برآورد مدل به این صورت است که با استفاده از یک متغیر مجازی برای هر یک از واحدهای اقتصادی عرض از مبدا مدل حذف می‌شود بنابراین داریم:

$$Y_{it} = \beta_{oi} + \sum_{n=1}^N \beta_n X_{nit} + v_{it} \quad (8)$$

در نهایت، جزء ناکارایی مربوط به هر بنگاه را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\hat{\beta}_{oi} = \max(\hat{\beta}_{oi}) \quad (9)$$

$$\hat{u}_i = \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_{oi} \quad i = 1, 2, \dots, I$$

۱- برای مثال از متغیرهای مجازی برای در نظر گرفتن اثرات ثابت استفاده می‌شود.

به‌رغم سادگی مدل اثرات ثابت، این مدل برآوردهای سازگاری از کارایی فنی هر بنگاه ارایه می‌دهد. با وجود این، در مواردی که تابع تولید مرزی شامل رگرسورهای ثابت در طول زمان است، رویکرد اثرات ثابت در برآورد تابع تولید مرزی تصادفی با مشکل برآورد مواجه است. وجود این مشکل در تصریح مدل اثرات ثابت باعث شد که در ادبیات مدل تابع تولید مرزی تصادفی با داده‌های تلفیقی از مدل اثرات تصادفی^۱ استفاده شود. در مدل اثرات تصادفی می‌توان استقلال جزء ناکارایی و رگرسورها و همچنین رگرسورهای ثابت در طول زمان را در نظر گرفت. معادله (۱) را با این فرض که u_i ها تصادفی اند به صورت زیر بازنویسی می‌کنیم:

$$Y_{it} = (\beta_0 - E(u_i)) + \sum_{i=1}^N \beta_{it} X_{mit} + v_{it} - (u_i - E(u_i)) \quad (10)$$

در این مدل v_{it} و $u_i^* = (u_i - E(u_i))$ دارای میانگین صفراند. مدل بالا را می‌توان با استفاده از روش دو مرحله‌ای حداقل مربعات تعمیم یافته^۲ برآورد نمود. مانند مدل اثرات ثابت، برآورد سازگار و ناکارایی مستلزم این است که مشاهدات در طول زمان و در هر مقطع زمان به سمت بی‌نهایت میل کنند (اشمیت و سیکلس ۱۹۸۴) بنابراین مهمترین مزیت مدل اثرات تصادفی نسبت به مدل اثرات ثابت، امکان تصریح ویژگی‌های تکنولوژی تولید است که در طول زمان ثابت‌اند. در این شکل از تصریح مدل نیازی به فرض خاصی درباره جزء اختلال مدل نیست با این وجود برآورد کننده‌های حداکثر درست‌نمایی برآوردکننده سازگاری‌اند و می‌توان با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی پارامترهای مدل را برآورد کرد.

در مدل‌های اثرات ثابت، اثرات تصادفی و روش حداکثر درست‌نمایی که تا بدین‌جا شرح داده شد، فرض کردیم که اثرات مؤثر بر ناکارایی فنی در طول زمان ثابت است و تغییر نمی‌کند. روشن است که هر چه طول دوره بررسی طولانی‌تر شود، ناکارایی در طول زمان ثابت نخواهد بود، زیرا مجموعه عوامل مؤثر بر ناکارایی بنگاه‌ها در طول زمان تغییر می‌کنند. بر این اساس می‌توان فرض ثابت بودن ناکارایی در طول زمان را کنار گذاشت و با فرض تغییر ناکارایی فنی در طول زمان و با استفاده از مدل اثرات ثابت و اثرات تصادفی ناکارایی بنگاه‌ها را با استفاده از داده‌های تلفیقی برآورد نمود.

1- Random Effect Model

2- Two – Step generalized Least Squares

مدلهای کارایی فنی متغیر در طول زمان^۱

کورنول، اشمیت و سیکلس (۱۹۹۰)، مدل اشمیت و سیکلس (۱۹۸۴) را تعمیم داده و اثرات ناکارایی متغیر در طول زمان را در چارچوب مدل تولید مرزی تصادفی با داده‌های تلفیقی وارد کردند. این مدل به شکل زیر تصریح می‌شود:

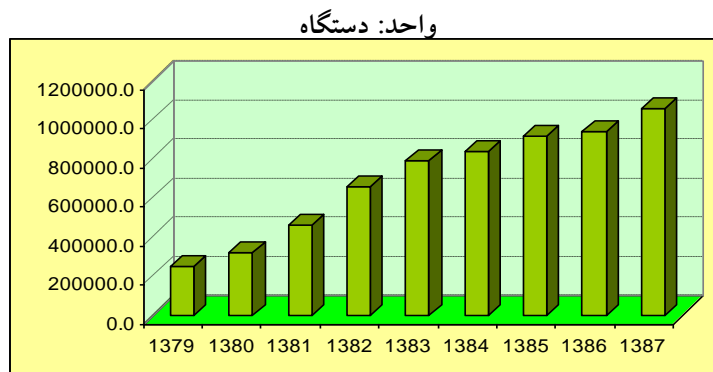
$$Y_{it} = \beta_{ot} + \sum_{i=1}^N \beta_{ni} X_{nit} + v_{it} - u_{it} = \beta_{it} + \sum_{i=1}^N \beta_{ni} X_{int} + v_{it} \quad (11)$$

که در آن β_{ot} نشان دهنده عرض از مبدا مشترک مرز تولید تمام بنگاه‌ها در زمان t و $\beta_{it} = \beta_{ot} - u_{it}$ عرض از مبدا بنگاه i ام در زمان t است. برای برآورد مدل اثرات ثابت با فرض کارایی متغیر در طول زمان می‌توان از برآورد کننده کارایی متغیر ابزاری^۲ و برای برآورد مدل اثرات تصادفی از برآورد کننده GLS استفاده نمود.

صنعت خودروسازی و جایگاه آن در اقتصاد ایران

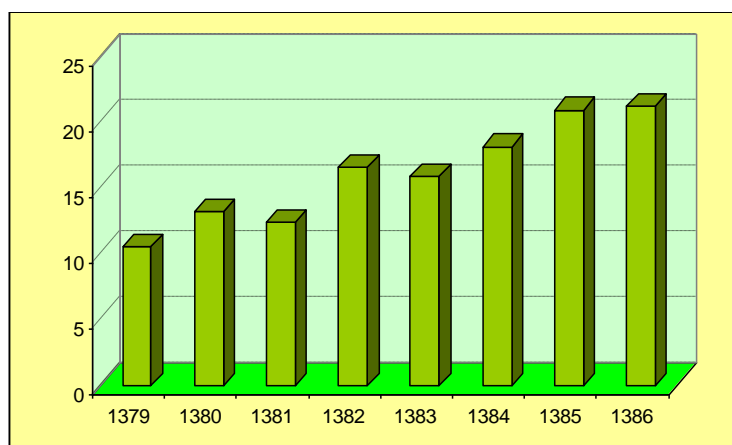
صنعت خودرو متشکل از مجموعه فعالیت‌های اقتصادی است که پیوند عمیقی با سایر بخش‌های اقتصادی دارند. پس از پیروزی انقلاب اسلامی به علت مشکلات ناشی از جنگ؛ تولید خودرو دچار افت شدیدی گردید. در این سال‌ها سیاست معینی برای تولید خودرو در کشور طراحی نشد. اصلی‌ترین عامل کاهش تولید خودرو در این سال‌ها، کاهش سهمیه ارزی شرکت‌های خودروساز بود که ناشی از کاهش درآمدهای نفتی کشور بود. بعد از اتمام جنگ شرکت‌های خودروسازی ایران با حمایت دولت شروع به فعالیت نمودند. این امر منجر به گسترش تولید داخلی و ایجاد شرکت‌های قطعه‌سازی در کشور شد و رشد تولید خودرو با نگرش بازارهای داخلی حاصل شد. همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، روند تولید خودرو از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۸۷ روندی صعودی است. به گونه‌ای که تولید خودرو از ۲۴۹۰۷۶ دستگاه در سال ۱۳۷۹ به ۷۹۱۹۳۴ دستگاه در سال ۱۳۸۳ رسید و این روند تا میزان ۱۰۵۷۶۳۳ دستگاه در ۱۳۸۷ مسیر خود را حفظ نمود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سهم ارزش تولیدات صنعت خودرو در کل تولیدات صنعت در سال ۱۳۷۹ ۱۰٫۵ درصد بوده است به ۲۱ درصد در سال ۱۳۸۶ افزایش یافته است (شکل ۳).

1- Technical Efficiency Time Variant Model
2- Efficient Instrumental Variable



منبع: بانک اطلاعات سریهای زمانی اقتصادی، بانک مرکزی ج.ا.ا.

شکل ۲. مقایسه روند تولید صنعت خودرو طی سالهای ۱۳۷۹-۱۳۸۷



منبع: گزارش اقتصادی و ترازنامه، بانک مرکزی ج.ا.ا.

شکل ۳. مقایسه درصد سهم ارزش تولید خودرو در صنعت طی سالهای ۱۳۷۹-۱۳۸۶

با استفاده از روش جنسن^۱ و وست^۲ و همچنین جدول داده - ستانده ۱۸ بخشی سال ۱۳۷۹، شامل بخشهای کشاورزی، معادن، صنایع غذایی، صنایع چوب و کاغذ، صنایع کانی غیر فلزی، صنایع نساجی و منسوجات و چرم، فرآورده های نفتی، صنایع فلزات اساسی، ساخت ماشین آلات، وسایل نقلیه موتوری، ساخت تجهیزات آبی، ساخت تجهیزات راه آهن، سایر محصولات صنعتی، آب و برق و گاز، ساختمان، خدمات

1- Jensen
2- West

بازرگانی، حمل و نقل و ارتباطات، سایر خدمات، میزان اهمیت صنعت خودروسازی را در کشور مورد بررسی قرار گرفته است. طبق محاسبات انجام شده، رتبه بخش وسایل نقلیه موتوری ۱۰ می باشد. همچنین نتایج نشان می دهد که صنعت خودرو به مستقیم و غیر مستقیم حدود ۲/۴ درصد تولید ناخالص داخلی را به خود اختصاص داده است. به عبارت دیگر این صنعت به طور مستقیم و غیرمستقیم ۲/۴ درصد مجموع ارزش افزوده فعالیتهای اقتصادی ایران را از آن خود نموده است. بالاترین تأثیر غیرمستقیم صنعت خودرو ایران بر بخش خدمات، محصولات فلزی اساسی و کمترین تأثیر غیرمستقیم بر ساخت تجهیزات آبی، راه آهن، صنایع کانی غیرفلزی و چوب و کاغذ است. بعد از جنگ تحمیلی و اجرای سیاستهای گسترش صنعت و با شکل گیری شرکتهای قطعه سازی، پیوندهای بین بخش صنعت و سایر بخشهای اقتصادی و نقش آن در تولید ناخالص داخلی کشور به طور مستقیم و غیرمستقیم گسترده شده و فعالیت این صنعت نیز از اهمیت بالایی برخوردار گردیده است.

برآورد تابع تولید مرزی تصادفی صنعت خودرو

تابع تولید مرزی تصادفی صنعت خودرو با استفاده از داده های چهار شرکت بزرگ خودروساز؛ ایران خودرو، سایپا، پارس خودرو و گروه خودرو سازی بهمن برآورد شده است. طول دوره برآورد سالهای ۷۸-۱۳۸۳ است. شکل خطی لگاریتمی از تابع تولید از نوع کاب - داگلاس با دو نهاد سرمایه و نیروی کار در نظر گرفته شده است. به منظور تفکیکی اثرات شوک ها و عوامل برونزا بر ناکارایی شرکتهای خودروساز، مدل اثرات تصادفی برآورد گردید. ابتدا بر فرض ثابت بودن ناکارایی در طول زمان و سپس با فرض متغیر بودن ناکارایی در طول زمان، مدل برآورد گردید. نتایج برآورد مدل در جدول ۱ گزارش و مقایسه شده است. نتایج نشان می دهد که برآوردهای هر دو مدل اختلاف معناداری ندارند، پارامترهای مدل از لحاظ آماری معنادارند.

جدول ۱. نتایج برآورد تابع تولید مرزی صنعت خودرو: مدل اثرات تصادفی

		const.	log(k)	log(l)	R ²	D.W	σ_{ii}^2
ناکارایی ثابت در طول زمان	log(y)	-۳,۹۷ (-۹,۳)	۰,۸۱ (۱۹,۴)	۰,۹۱ (۱۹,۳)	۰,۹۹	۲,۴	۰,۰۲۷
ناکارایی متغیر در طول زمان	log(y)	-۳,۷۹ (-۹,۳)	۰,۸۰ (۲۸,۱)	۰,۹۱ (۲۴,۰۲۴)	۰,۹۸	۲,۱۵	۰,۰۳۴

* ارقام داخل پرانتز آماره t می باشد.

نتایج جدول ۱ نشان می دهد که ناکارایی صنعت خودرو بین ۲,۷ (با فرض ثابت بودن ناکارایی در طول زمان) تا ۳/۴ (با فرض متغیر بودن ناکارایی در طول زمان) درصد و براین اساس کارایی صنعت خودرو به ترتیب ۹۷/۳ و ۹۶/۶ می باشد. اختلاف در برآورد دو مدل ناشی از فروض متفاوت درباره اثرات تصادفی است. همچنین نتایج نشان می دهد که اثرات متقاطع مقطعی صفر است؛ که نشان دهنده که رتبه کارایی شرکت های خودروساز در هر مقطع زمانی برابر است و از یک سطح ناکارایی برخوردارند. تغییر در ناکارایی در طول زمان می تواند ناشی از عوامل خارج از کنترل بنگاهها همچون شوک های برونزای اقتصادی، قوانین و مقررات و فضای کسب و کار اقتصادی باشد. تغییر در حجم سرمایه گذاری در سایر بخش های اقتصادی و رشد تقاضای محصول و در نتیجه افزایش حجم بازار باعث تغییر در ناکارایی در طول زمان می شود. نکته قابل توجه این است که نتایج نشان می دهد که بازدهی به مقیاس در صنعت خودروی ایران فزاینده است. در ادبیات اقتصاد خرد استدلال می شود که اگر مجموع کشش های عوامل تولید در تابع تولید برابر یک باشد بازدهی به مقیاس ثابت^۱ و اگر کم تر یا بزرگ تر از یک باشد به ترتیب کاهنده^۲ یا فزاینده^۳ است. در شرایطی که بازدهی به مقیاس فزاینده است هزینه کل تولید با نرخ کاهنده افزایش می یابد و هزینه متوسط تولید نزولی است و تولید در ناحیه اقتصادی صورت نمی گیرد و بنگاه ها افزایش دهنده سود نیستند. همچنین فزاینده بودن بازدهی به مقیاس نشان می دهد که تولیدکنندگان خودرو در ایران به حداقل مقیاس کارای تولید^۴ نرسیده اند. بالا بودن قیمت خودرو و برآورده نشدن سطح رضایت مشتریان از خودروهای تولید داخل ناشی

1- Constant Return to Scale
2- Decreasing Return to Scale
3- Increasing Return to Scale
4- Minimum Efficient Scale

از غیر اقتصادی بودن تولید در کشور است. زیان ده بودن تولید باعث ایجاد ساختار انحصار چندجانبه در خودروسازی و بالاتر بودن قیمت محصول از متوسط قیمت‌های جهانی شده است. نتایج به دست آمده با وضعیت جهانی خودرو نیز سازگار است.

نتیجه گیری

با توجه به اهمیت استراتژیک صنعت خودرو بررسی کارایی این صنعت از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مقاله یک مدل تابع تولید مرزی تصادفی با استفاده از داده‌های تلفیقی برآورد گردید. به منظور تفکیکی اثرات شوک‌های پرونزا و عوامل غیرسیستماتیک بر ناکارایی تولیدکنندگان خودرو مدل اثرات تصادفی با دو فرض ثابت بودن و متغیر بودن ناکارایی در طول زمانم برآورد گردید. نتایج نشان می‌دهد که سطح ناکارایی صنعت خودروی کشور بین ۲,۷ تا ۳,۴ درصد است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که مجموع کشش‌ها تولید نسبت به عوامل تولید بزرگتر از یک است و فرض ثابت بودن بازدهی به مقیاس رد می‌شود. بر این اساس بازدهی به مقیاس در صنعت خودرو فزاینده و تولید خودرو غیر اقتصادی ارزیابی می‌شود.

منابع و مآخذ

۱. بیات، ابوالفضل (۱۳۹۰): بررسی سنجش کارایی و بهره وری در صنعت نفت، مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی
۲. ابطحی، حسن و کاظمی، بابک (۱۳۸۲): بهره وری تهران، مؤسسه مطالعات و پژوهش های بازرگانی، تهران
۳. امامی میبدی (۱۳۷۹)، علی، اصول اندازه گیری کارایی و بهره وری (علمی-کاربردی)، تهران، مؤسسه مطالعات و پژوهش های بازرگانی، تهران
۴. اسماعیل نیا، علی اصغر (۱۳۷۵): بررسی وضعیت بازار خودرو سواری در ایران، مجله برنامه و بودجه، شماره ۳۳، ص ۶۷-۹۶، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران.
۵. پایگاه اطلاع رسانی اطلاعات بورس اوراق بهادار (۱۳۸۹): تغییرات سرمایه، اطلاعات بورس اوراق بهادار، تهران.
۶. پایگاه اطلاع رسانی اطلاعات بورس اوراق بهادار (۱۳۸۹): مقایسه سود، اطلاعات بورس اوراق بهادار، تهران.
۷. پایگاه اطلاع رسانی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۹): بانک اطلاعات سریهای زمانی اقتصادی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. تهران.
۸. پایگاه اطلاع رسانی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۹): گزارش اقتصادی و ترانزنامه، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. تهران.
۹. پایگاه اطلاع رسانی سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران (۱۳۸۹): آمار و اطلاعات تولید شرکت ها، سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران، تهران.
۱۰. پایگاه اطلاع رسانی شرکت ایران خودرو دیزل (۱۳۸۹): معرفی شرکت، شرکت ایران خودرو دیزل، تهران.
۱۱. پایگاه اطلاع رسانی شرکت ایران خودرو (۱۳۸۹): معرفی شرکت، شرکت ایران خودرو، تهران.
۱۲. پایگاه اطلاع رسانی شرکت پارس خودرو (۱۳۸۹): معرفی شرکت، شرکت پارس خودرو، تهران.
۱۳. پایگاه اطلاع رسانی شرکت سایپا (۱۳۸۹): معرفی شرکت، شرکت سایپا، تهران.
۱۴. رضایی، عدنان (۱۳۷۶): ارزیابی سیاست های حمایتی در صنعت خودروسازی ایران، مجله برنامه و بودجه، شماره ۱۵، ص ۷۳-۱۱۰، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران.
۱۵. وزارت اقتصاد (۱۳۴۷): صنایع اتومبیل در ایران، دفتر آمار، تهران.
16. Abbaspour, M. F Hosseinzadeh Lotfi, A. R.Karbassi, E.Roayaei, H Nikoomaram (2008), "Development of the group Malmquist productivity index on non-discretionary factors", International Journal Environ. Res 3

(1) , 209-116

17. Coelli, T. J.; D.S. prasada Rao, G.E. Battese (2005), “ An Introduction to Efficiency and productivity Analysis”, Kluwer Academic publishers, Boston.
18. Cooper, W.W.; L.M. seiford; J. Zhu (2004), “ Handbook on data Envelopment Analysis”, Kluwer Academic Publishers. Boston.
19. Eller, S.L.; P Hartley; K. B. Med look III (2007), “ Empirical Evidence on the operational Efficiency on National Oil Compares” , Working Paper, the James A. Baker Institute for Public Policy, Rice University.
20. Greene W,H. (2003), “Econometric Analysis”, Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc.
21. Hackman, Steven T. (2008), “Production Economics: Integrating the Microeconomic and Engineering Perspective” , Springer
22. Kumbhakar, S. C.; C.A.K. Lovell (2000), “Stochastic Frontie Analysis” , Cambridge University Press, Cambridge.
23. Manage S.J.J. Opaluch; Di Jin; J.T.A. Grigalunas (2006), “Stochastic frontier analysis of total factor productivity in the off shore oil and gas industry”, *Economics*, 60,204-215.
24. Wolf Christian (2009), “Dose ownership matter” The performance on efficiency of state oil vs. Private Oil”, (1987-2006), University of Cambridge, Judge Business school, working paper.
25. Wooldridge, J.M. (2002), “Econometric Analysis O Cross Section and Panel Data”, The MIT Press.
26. Aigner, D.J. and Chu, S.F. (1968). On Estimating the Industry Production Function. *American Economic Review*, 58(4): 826–39.
27. Aigner, D.J., Lovell, C.A.K. and Schmidt, P.J. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6: 21–37.
28. Debreu, G. (1951). The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 19(3): 273–292.
29. *Econometrics*, 13(1): 83–100.
30. Fare, R. and Lovell, C.A.K. (1978). Measuring the Technical Efficiency of Production, *Journal of Economic Theory*, 19: 150–162.
31. Fare, R. and Primont, D. (1990). A Distance Function Approach to Multi output Technologies. *Southern Economic Journal*, 56: 879–891.
32. Fare, R., Grosskopf, S. and Logan, J. (1985). The Relative Performance of Publicly-Owned and Privately-Owned Electric Utilities. *Journal of Public Economics*, 26: 89–106.
33. Fare, R., Grosskopf, S. and Lovell, C.A.K. (1983). The Estructure of Technical Efficiency. *Scandinavian Journal of Economics*, 85: 181–190.
34. Fare, R., Grosskopf, S. and Lovell, C.A.K. (1985). *The Measurement of Efficiency of Production*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
35. Fare, R., Grosskopf, S. and Lovell, C.A.K. (1994). *Production Frontiers*. Cambridge, Cambridge University Press.
36. Fare, R., Grosskopf, S. and Weber, W. (1997). The Effect of Risk-Based Capital Requirements on Profit Efficiency in Banking. *Discussion Paper Series No. 97–12, Department of Economics, Southern Illinois University at Carbondale*.

37. Fare, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. and Roos, P. (1994). Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach. In *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, A. Charnes, W.W. Cooper, A.Y.Lewin and Seiford, L.M. (Eds.), Boston: Kluwer Academic Publishers: 253–272.
38. Farrell, M.J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society (A, general)*, 120: 253–281.
39. Fernandez, C., Koop, G. and Steel, M.F.J. (2000a). A Bayesian Analysis of Multiple- Output Production Frontiers. *Journal of Econometrics*, 98: 47–79.
40. Fernandez, C., Koop, G. and Steel, M.F.J. (2000b). Modeling Production with Undesirable Outputs. *Proceeding of the 15th International Workshop on Statistical Modeling, Bilbao, Spain*, July 17–21 .
41. Forsund, F.R. (1992). A Comparison of Parametric and Non-Parametric Efficiency Measures: The Case of Norwegian Ferries, *Journal of Productivity Analysis*, 3: 25–43.
42. Forsund, F.R. and Hjalmarsson, L. (1979). Generalized Farrell Measures of Efficiency: an Application to Milk Processing in Swedish Dairy Plants. *The Economic Journal*, 89:294–315.
43. Frontiers when Technical and Allocative Inefficiency are Correlated. *Journal of*
44. *Functions. Review of Economics and Statistics*, 58: 238–239.
45. Grosskopf, S. (1996). Statistical Inference and Nonparametric Efficiency: A Selective Survey. *Journal of Productivity Analysis*, 7: 161–176.
46. Hjalmarsson, L., Kumbhakar, S.C. and Heshmati, A. (1996). DEA, DFA and SFA: A Comparison. *Journal of Productivity Analysis*, 7(2–3): 303–327.
47. Kamakura, W.A. (1988). A Note on the Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 34: 1273–76.
48. Koopmans, T.C. (1951). An analysis of Production as Efficient Combination of Activities. In *Activity Analysis of Production and Allocation*, Koopmans, T.C., eds, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph no. 13. New York.
49. Lovell, C.A.K. (1993). Production Frontiers and Productive Efficiency. In *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Harold O. Fried, Lovell y, C.A.K., Schmidt, S.S. (Eds.), Oxford: Oxford University Press: 3–67.
50. Nishimizu, M. and Page, J.M. (1982). Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia, 1967–1978. *The Economic Journal*, 92: 920–936.
51. Reinhard, S., Lovell, C.A.K. and Thijssen, G. (1999). Econometric Application of Technical and Environmental Efficiency: An Application to Dutch Dairy Farms. *American Journal of Agricultural Economics*, 81: 44–60.
52. Richmond, J. (1974). Estimating the Efficiency of Production. *International Economic Review*, 15: 515–521.
53. Schmidt, P. (1976). On the Statistical Estimation of Parametric Frontier Production
54. Schmidt, P. and Lovell, C.A.K. (1979). Estimating Technical and Allocative Inefficiency Relative to Stochastic Production and Cost

- Frontiers. *Journal of Econometrics*, 9: 343–366.
55. Schmidt, P. and Lovell, C.A.K. (1980). Estimating Stochastic Production and Cost
56. Schmidt, P., and Sickles, R.C. (1984). Production Frontiers and Panel Data. *Journal of Business and Economic Statistics*, 2: 299–326.
57. Wadud, A. and White, B. (2000). Farm Household Efficiency in Bangladesh: A Comparison of Stochastic Frontier and DEA Methods. *Applied Economics*, 32(13): 1665–73.