

## اثر به‌کارگیری فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات در کارایی صنعت خدمات هوایی ایران<sup>۱</sup>

دکتر سعید مشیری\*

مهدی رضوان\*

### چکیده

صنعت خدمات هوایی ایران بنا به ارتباطات بین‌المللی از دوران بسیار قبل مجهز به فن‌آوریهای روز بوده و از سال ۱۳۶۲ نیز از فن‌آوری اطلاعات در سیستم خود به طور منظم استفاده کرده است. بنابراین، مورد بسیار خوبی برای ارزیابی اثر فن‌آوری اطلاعات بر کارایی بنگاه در ایران است. در این مطالعه، ابتدا روند کارایی صنعت خدمات هوایی ایران با به‌کارگیری داده‌های مربوط به شرکت هواپیمایی ملی جمهوری اسلامی ایران طی سالهای ۱۳۴۱-۱۳۷۹ با استفاده از دو روش تحلیل فراگیر داده‌ها (DEA) و تحلیل مرزی تصادفی (SFA) برآورد شده است. سپس در مرحله دوم، عوامل تعیین‌کننده کارایی بنگاه با تأکید بر فن‌آوری اطلاعات شناسایی شده، آثارشان بر کارایی برآورد شده است.

حالت‌های مختلفی از مدل‌های فوق با توجه به فروض مربوط به مقیاس تولید و همچنین تعریف متغیرها، به ویژه متغیر ستانده، معرفی و برآورد شدند. در نهایت، مدل تابع تولید بر اساس مسافر-کیلومتر حمل شده به عنوان متغیر ستانده، پاسخ‌های مناسبی را ارائه داد و در نتیجه از آن، برای بررسی اثر فن‌آوری اطلاعات بر کارایی استفاده شد. به طور خاص، کارایی روندی تقریباً ثابت ولی همراه با نوساناتی طی سالهای قبل و پس از دوره ۱۳۵۶-۱۳۵۹ داشته است. متغیر فن‌آوری اطلاعات در صورتی که مبنای به‌کارگیری فراگیر آن در صنعت خدمات هوایی سال ۱۳۶۲ منظور شود، اثر مثبتی بر کارایی بنگاه داشته است

---

۱. نویسندگان از راهنماییها و پیشنهادهای مفید دکتر امامی میبیدی و دکتر هادی زوز، و داوران محترم فصلنامه تشکر می‌نمایند. همچنین، از مسئولین و کارشناسان شرکت هما که در ارائه آمار و اطلاعات با ما همکاری کردند تشکر می‌شود.

\* به ترتیب دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی و کارشناس ارشد اقتصادی

e-mail: smoshiri@mun.ca

طبقه‌بندی JEL : O30 ، O40

واژگان کلیدی: کارایی، روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA)، روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران، فن‌آوری اطلاعات

## مقدمه

تحوّل در فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات (ICT)<sup>۱</sup> و گسترش استفاده از آن در کلیه بخش‌های اقتصادی طی دهه اخیر منجر به تحوّل عظیمی در اقتصاد کشورها، به ویژه کشورهای پیشرفته، شده است. فن‌آوری اطلاعات که امکان ذخیره سازی، استفاده و تبادل بسیار سریع اطلاعات را فراهم می‌کند موجب افزایش کارایی بنگاهها با فعالیتهای مختلف شده و شرایط ارائه خدمات جدیدی را نیز فراهم نموده است. مطالعات بسیاری در زمینه تأثیر به‌کارگیری فن‌آوری اطلاعات در کارایی اقتصادی در سطوح کلان و خرد در کشورهای پیشرفته صنعتی به ویژه، در امریکا طی سالهای اخیر انجام شده است. اکثر این مطالعات دلالت بر اثر مثبت این فن‌آوری بر کارایی اقتصادی کشورها داشته است (Lehr, 1999, Dewan & Kenneth & Lichtenbeg, 1998) مطالعاتی نیز در زمینه علل کندی اثرگذاری فن‌آوری اطلاعات در سایر کشورها در مقایسه با امریکا انجام شده است که نوعی تأخیر در استفاده از این فن‌آوری و اثرگذاری آن در کارایی اقتصادی را نشان می‌دهند. در کشورهای در حال توسعه با توجه به نوپایی این فن‌آوری مطالعات چندانی در این زمینه انجام نشده است. در ایران نیز مطالعه علمی‌ای که اثر استفاده از فن‌آوری اطلاعات در کارایی اقتصادی بنگاهها را تجزیه و تحلیل کرده باشد تاکنون انجام نشده است. شاید ویژگی بسیار نو بودن این فن‌آوری در ایران و فراگیر نشدن آن در بخشهای مختلف و همچنین، فقدان آمار و اطلاعات منسجم و دقیق که لازمه چنین پژوهشهایی است وجود چنین شکافی را توضیح می‌دهد.

در این مطالعه، سعی بر این است که اثر به‌کارگیری فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات بر کارایی صنعت خدمات هوایی ایران برآورد شود. صنعت خدمات هوایی ایران از صنایع با سابقه، ولی بنا به ماهیت آن، مدرن کشور محسوب می‌شود. این صنعت جزء اولین صنایعی در کشور بوده است که از تکنولوژی ارتباطات و اطلاعات در مقیاس نسبتاً وسیعی استفاده کرده است، بنابراین، می‌تواند مورد مناسبی برای تجزیه و تحلیل اثر فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات، بر کارایی آن باشد. البته دو مشکل اساسی در این مطالعه وجود دارد. مشکل اول، مربوط به ماهیت خدماتی این صنعت است که ایجاب می‌کند دقت لازم در تعریف و اندازه‌گیری متغیرهای تابع تولید صورت گیرد. مشکل دوم، مربوط به فقدان آمار و اطلاعات منسجم و دقیق در این صنعت به ویژه، در زمینه فعالیتهای فن‌آوری اطلاعات است، که دسترسی به آمار مورد نیاز مطالعه را تبدیل به یک چالش مهم می‌نماید.

در مطالعه حاضر، ابتدا کارایی خدمات صنعت هوایی ایران با استفاده از اطلاعات مربوط به شرکت هواپیمایی ملی ایران (هما) طی سالهای ۱۳۴۱-۱۳۷۹ برآورد می‌شود. در برآورد کارایی از دو روش متفاوت تحلیل فراگیر داده‌ها (DEA)<sup>۲</sup> و تحلیل مرزی تصادفی (SFA)<sup>۳</sup> استفاده شده است. در روش

اول که معمولاً برای مقایسه کارایی بنگاههای متفاوت در یک زمان به کار می‌رود از برنامه‌ریزی خطی استفاده می‌شود. در این روش، نیازی به تصریح تابع تولید نیست و بنگاهها با استفاده از نهاده‌های یکسان و ستانده‌های مشابه بر مبنای کارایی رتبه‌بندی می‌شوند. در روش دوم، ناکارایی یک بنگاه از طریق برآورد تابع تولید با روشهای اقتصادسنجی به دست می‌آید. برآورد کارایی از دو روش امکان مقایسه نتایج را به ما می‌دهد، ولی با توجه به اینکه روش دوم اجازه تجزیه و تحلیل بیشتر در مورد عوامل مؤثر بر کارایی را نیز می‌دهد، تکیه بیشتری بر روش دوم شده است. در مرحله دوم، برای برآورد اثر فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات بر کارایی صنعت خدمات هوایی کشور، عوامل مؤثر بر کارایی بنگاه که از روش تحلیل مرزی تصادفی به دست آمده است، شناسایی شده و نقش فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات به طور مشخص جدا شده است.

ساختار این مقاله به صورت زیر تنظیم شده است: در بخش بعد، به ارزیابی فن‌آوری اطلاعات و تعریف آن می‌پردازیم و چگونگی استفاده از آن را در صنعت خدمات هوایی تشریح می‌کنیم. در قسمت دوم روشهای تحلیل فراگیر داده‌ها و تحلیل مرزی تصادفی را به طور اجمال توضیح خواهیم داد. در قسمت سوم داده‌های مورد استفاده در مدلها را شرح خواهیم داد در قسمت چهارم نیز نتایج کلی به دست آمده را ارائه داده و در قسمت آخر نتیجه‌گیری می‌نماییم.

### ۱. صنعت خدمات هوایی و فن‌آوری اطلاعات

صنعت حمل و نقل هوایی همگام با توجه به گسترش نیازهای اقتصادی - اجتماعی و استفاده از دستاوردهای علمی و فن‌آوریهای جدید، جایگاه خاصی در کشورهای مختلف جهان دارد. اندازه اقتصادی این بخش صنعت حمل و نقل و بازرگانی هوایی در سال ۱۹۹۹ بالغ بر یک تریلیون و یکصد و پنجاه میلیارد دلار بوده است که نمایانگر اهمیت نسبتاً زیاد این بخش در اقتصاد جهانی است. یک خصوصیت بسیار بارز این صنعت سرمایه‌بر بودن آن است، به طوری که نسبت سرمایه به نیروی کار در این بخش، با وجود حدود ۲۵ میلیون نفر شاغل، در حدود ۴۶ تا ۵۰ هزار دلار است. ماهیت بین‌المللی این صنعت با توجه به اینکه از آخرین فن‌آوریها در زمینه‌های الکترونیک، مکانیک، مواد، مدیریت، بازاریابی، و... استفاده می‌کند، موجب شده تا این بخش به عنوان یکی از عوامل اصلی هزینه‌بر ارزی کشورها به شمار آید. این مسئله در کشورهای جهان سوم بیشتر قابل توجه است.

علاوه بر معضل سرمایه‌بر بودن این صنعت، انحصار سخت‌افزاری این صنعت به یک یا دو کشور خاص که همواره در ارتباطات خود پارامترهای سیاسی را نیز مد نظر قرار می‌دهند، زمینه‌ساز محرومیت کشورهای چون ایران که با سیاستهای آنها همخوانی ندارند، شده است. تحریم ایران از سوی ایالات متحده آمریکا تأثیر کاملاً مخربی بر ناوگان هوایی ایران و در نهایت، بهسازی و رعایت مسائل امنیتی در آن داشته است. دولت ایران در چند سال گذشته با سعی و تلاش فراوان سعی کرده که علی‌رغم منابع محدود مالی ارزی، به حفظ و گسترش توانمندی این صنعت بپردازد. خرید ۶ فروند ایرباس از فرانسه

(هرچند با موتورهای ضعیف‌تر و گران‌تر) در سال ۱۳۷۸<sup>۱</sup>، خرید هواپیماهای دست دوم از کشورهایی چون ترکیه و امارات متحده عربی در سال ۱۳۸۱، اجاره هواپیماهای بلوک شرق و روسیه در سال ۱۳۶۱، تأسیس کارخانه مونتاژ هواپیمای مسافربری ملخی در ایران (توربو تراپ)<sup>۲</sup> با تکنولوژی اوکراین و خرید کلی از شرکت ورشکسته فوکر در سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ از جمله این تلاشها هستند.

طبق آمارهای رسمی، ارزش افزوده بخش حمل و نقل به قیمت ثابت سال ۱۳۶۱ با میانگین رشد ۵/۴ درصد از ۱۴۴ میلیارد ریال به ۵۹۷ میلیارد ریال در سال ۱۳۶۸ رسیده است. سهم ارزش افزوده بخش حمل و نقل در تولید ناخالص داخلی در همین دوره زمانی از ۵/۵ درصد به ۶/۱ درصد افزایش یافت. در این میان ارزش افزوده بخش حمل و نقل هوایی کشور به قیمت ثابت سال ۱۳۶۱ از ۱/۲ میلیارد ریال در سال ۱۳۴۱ با میانگین رشدی معادل ۱۰ درصد در سال به ۳۹/۶ میلیارد ریال در سال ۱۳۷۲ افزایش یافته است (نشریه داخلی هما به مناسبت چهلمین سالگرد فعالیت شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی). چنانچه رونق فعالیت‌های ساختمانی، صنعتی، خدماتی که به نوعی با صنعت حمل و نقل هوایی در ارتباط هستند، در اثر گسترش صنعت حمل و نقل هوایی ارزیابی شوند، نقش این صنعت در تحرک بخشی به فعالیت‌های اقتصادی گوناگون بیش از پیش بارز می‌گردد. با رونق صنعت حمل و نقل هوایی، تقاضا برای گسترش فعالیت‌های اقتصادی ساخت و ساز به ویژه در بخش‌های احداث، توسعه و بهسازی شبکه حمل و نقل افزایش می‌یابد و چرخه رشد و توسعه اقتصاد ملی با سرعت بیشتری به گردش درمی‌آید.

بنگاههای فعال در عرصه خدمات هوایی همواره به‌عنوان استفاده از وسیله پروازی مدرنی چون هواپیما، ملزم به استفاده از آخرین فن‌آوریها در عرصه‌های مختلف بوده‌اند. اصولاً این بنگاهها با در اختیار داشتن چندین فروند هواپیما اعم از مسافری و یا ترابری، بسته به توان مالی خود به ارائه خدمات به متقاضیان می‌پردازند. سیستم کلی این‌گونه بنگاهها معمولاً بر بخشهایی چون واحد فروش بلیط ورزرو جا، واحد خدمات‌رسانی به مسافران اعم از فرودگاهی و یا رفاهی و تغذیه‌ای، کادر پروازی و میهمان‌داری و واحدهای حمایتی زمینی استوار شده است. یکی از مهم‌ترین بخشها در این نظام، واحد تهیه و ذخیره جا برای مسافران است. افزایش ظرفیت مسافر در ناوگان هوایی و ارتباطات وسیع بین‌المللی باعث گردیده که سیستم سنتی ارتباطات جای خود را به استفاده از نرم‌افزارهای جدید رایانه‌ای دهد که این بخش جدید کاربرد رایانه را به نام فن‌آوری اطلاعات (IT) می‌شناسیم.

در این مطالعه سعی بر این است که اثر به کارگیری فن‌آوری اطلاعات در کارایی صنعت خدمات هواپیمایی کشور برآورد شود. وجود عوامل خاصی در صنعت هواپیمایی و شرایط خاص سیاسی و ساختاری اقتصاد ایران موجب می‌شوند تا مطالعه کارایی بنگاه هواپیمایی کشور از سایر مطالعات مشابه کمی متفاوت باشد. به عنوان نمونه، در شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران، به عنوان بزرگترین

۱. هر چند در مدت کوتاهی بعد تحویل این هواپیماها به واسطه فشار امریکا ملغی اعلام گردید.

واحد خدمات هوایی در کشور، عواملی مانند تحریم اقتصادی ایالات متحده، جنگ، سقوط هواپیما، عملیات تروریستی ربودن هواپیماها، پروازهای چارتر حجّاج و سایر مسائلی از این قبیل، که معمولاً در عرصه خدمات هوایی کشورهای خارجی وجود نداشته و در صورت وجود آن‌چنان تأثیرگذار نیستند، وجود دارند که می‌توانند بر کارایی بنگاه تأثیر بگذارند و باید به نحوی در مدل در نظر گرفته شوند.

در زمینه برآورد کارایی، مطالعات بسیاری در سایر کشورهای جهان انجام شده است که به عنوان نمونه می‌توان به فتی و همکاران (Fethi et al, 2000, 2001) و مطالعات لاول (Lovell, 1993) اشاره نمود. همچنین، مطالعات معدودی در زمینه برآورد کارایی صنعت هواپیمایی صورت گرفته است که از جمله آنها می‌توان مطالعات فورسیت، هیل و ترنگون (Forsyth, Hill & Trengone, 1986) را نام برد. در مورد اثر فن‌آوری اطلاعات در کارایی نیز کارهای نسبتاً جدیدی در سطوح کلان و بنگاهها در سایر کشورها انجام شده است که می‌توان به مواردی مانند لی‌چنبرگ و لهر (Lichtenberg and Lehr, 1999) و دیون و کرامر (Dewan and Kraemer, 1998) اشاره نمود.

در ایران، هر چند مطالعاتی در زمینه برآورد کارایی بنگاههای تولیدی و خدماتی صورت گرفته است (امای میبیدی، ۱۳۷۹، دادرس، ۱۳۷۸، اصلاحی، ۱۳۷۸، عابدی‌فر، ۱۳۷۸، Nafar, 1997)، ولی این مطالعه را می‌توان اولین مطالعه در زمینه برآورد کارایی صنعت هواپیمایی کشور به ویژه، اثر فن‌آوری اطلاعات در آن دانست.

## ۲. کارایی و روشهای برآورد آن

کارایی یکی از مفاهیم و موضوعات اقتصاد خرد است که به منظور ارزیابی عملکرد یک بنگاه یا یک واحد تصمیم ساز<sup>۱</sup> به‌کار می‌رود. مباحث نظری کارایی را برای اولین بار کوپمن (۱۹۵۱) و فارل (۱۹۵۷) به ادبیات اقتصادی معرفی کردند. کارایی به دو جز، تقسیم می‌شود: الف) کارایی فتی<sup>۲</sup>؛ به معنی توانایی گرفتن حداکثر محصول به ازای نهاده‌های مشخص و ثابت و ب) کارایی تخصیصی<sup>۳</sup>؛ به معنی توانایی بنگاه در ترکیب بهینه منابع تولید با توجه به قیمت نهاده‌ها. حاصلضرب این دو کارایی، کارایی اقتصادی<sup>۴</sup> بنگاه را نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری کارایی در عمل، از دو روش تحلیل فراگیر داده‌ها (DEA) و تحلیل تولید مرزی (SFA) استفاده می‌شود که جزئیات آنها به اختصار در زیر توضیح داده می‌شود:

### ۲-۱. تحلیل فراگیر داده‌ها (DEA)

تحلیل فراگیر داده‌ها یک روش برنامه‌ریزی ریاضی ناپارامتریک است که با استفاده از کلیه مشاهدات یک تابع مرزی را برآورد می‌کند و به دلیل در برگرفتن کلیه داده‌ها به این نام مشهور شده است. فارل

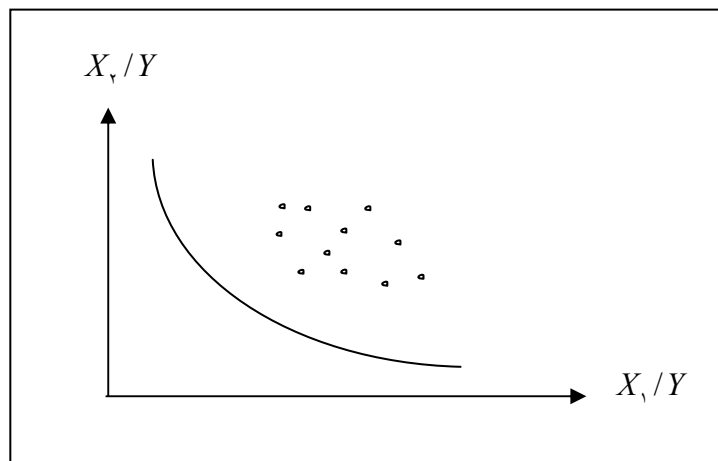
1. decision making unit
3. allocative efficiency

2. technical efficiency
4. economic efficiency

برای نخستین بار کارایی را از روش هندسی به این صورت نشان داد که اگر نقاط معین شده در شکل (۱) نشان دهنده عملکرد بنگاههای مختلف در زمینه ترکیب استفاده از عوامل تولید  $X_1, X_2$  برای تولید محصول  $Y$  باشند، با اتصال نقاطی که به محورها و مبدأ مختصات نزدیک‌تر باشد، تابع محدب به دست می‌آید که هیچ نقطه‌ای در زیر آن قرار ندارد. منحنی به دست آمده تابع تولید یکسان کارآ نامیده می‌شود. این سطح پوششی دربرگیرنده نقاط بهینه پارتو<sup>۱</sup> و مجموعه بنگاههای کارآ در تولید محصول  $Y$  است. بدین ترتیب می‌توان کارایی نقاطی را که روی این منحنی قرار ندارند نسبت به نقاطی که روی این منحنی قرار دارند و مجموعه نقاط کارآ نامیده می‌شوند، ارزیابی کرد.

در سال ۱۹۷۸ سه اقتصاددان به نامهای چارنز، کوپر و رودس<sup>۲</sup> با الهام از روش هندسی فارل از یک روش برنامه‌ریزی خطی برای به دست آوردن توابع تولید یکسان استفاده کردند. در ابتدا، تابع تولید یکسان کارآ با فرض بازدهی ثابت به مقیاس به دست آمد، ولی بعدها بانکر، چارتر و کوپر<sup>۳</sup> (۱۹۸۴) تابع تولید با حالت بازدهی متغیر به مقیاس را توسعه دادند.

#### نمودار ۱- تابع تولید یکسان توسط فارل



#### ۲-۲. روش تحلیل تابع مرزی تصادفی (SFA)

همان‌طور که گفته شد، فارل در سال ۱۹۷۷ معیاری را برای اندازه‌گیری کارایی یک بنگاه اقتصادی معرفی کرد که شامل کارایی فنی و کارایی تخصیصی است و از ترکیب این دو، معیار کارایی اقتصادی برای یک بنگاه به دست می‌آید. اما معیارهای کارایی فارل بر فرض مشخص و معین بودن تابع تولید

1. Parto efficiency
3. Banker, Charnes & Cooper

2. Charnes, Cooper & Rahodes

بنگاههای کاملاً کارآ استوار است و از آنجایی که این تابع در عمل هرگز معین و مشخص نیست، اندازه‌گیری معیارهای کارایی فوق نیز در عمل با مشکلاتی روبرو خواهد بود. برای ارائه روشی جهت اندازه‌گیری کارایی، وی پیشنهاد کرد که تابع تولید باید از داده‌های نمونه به‌وسیله روشهای مختلف تخمین زده شود. در سال ۱۹۶۸، ایگنر و چاو تابع تولید مرزی پارامتریک را به شکل تابع کاب داگلاس و با استفاده از آمار نمونه‌ای  $N$  بنگاه برآورد کردند. مدل آنها به‌صورت  $\ln(Y) = X\beta - v$  معرفی شد. که در آن  $Y$  بردار محصول،  $X$  بردار نهاده‌ها و  $\beta$  پارامتر مجهولی است که می‌بایست تخمین زده شود و  $v$  متغیر تصادفی غیرمنفی است که بیانگر ناکارایی فنی در تولید است. اما این مدل که بعدها به نام مدل مرزی معین معروف شد، دارای این ضعف است که امکان تأثیرگذاری اندازه‌گیری خطا و سایر اجزای اختلال را در تخمین تابع مرزی تصادفی در نظر نمی‌گیرد و همه انحرافات از مرز را نتیجه ناکارایی فنی می‌داند.

به منظور رفع این نارسایی و ارائه روشی برای اندازه‌گیری عدم کارایی، در سال ۱۹۷۷ تابع تولید مرزی به‌وسیله دو گروه از اقتصاددانان و به طور مستقل به ادبیات اقتصادی معرفی شد. این مدل که در ابتدا برای داده‌های مقطعی به کار می‌رفت به‌صورت زیر است:

$$\ln(Y_i) = X_i\beta + (v_i - u_i)$$

$$v \sim N(0, \sigma_v^2)$$

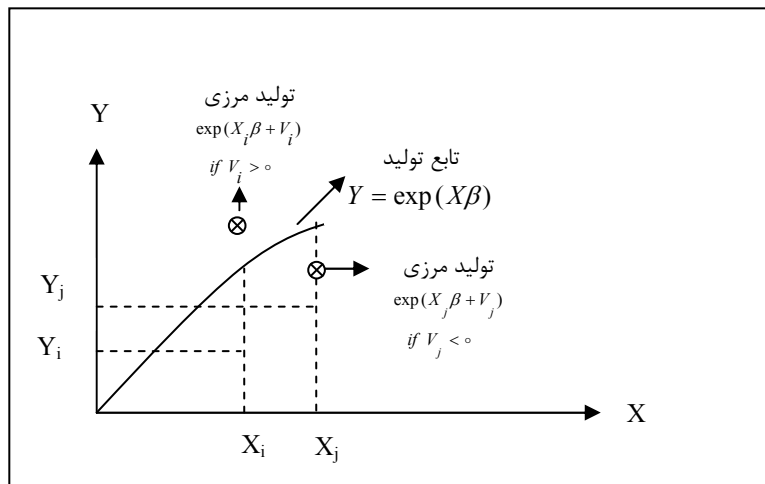
$$u \sim N(0, \sigma_u^2)$$

در اینجا،  $Y_i$  تولید بنگاه،  $X_i$  بردار عوامل تولیدی بنگاه و  $\beta$  بردار ضرایب است. در این معادله رگرسیون، دو نوع جزء تصادفی معرفی شده است. جزء تصادفی اول،  $v_i$ ، نماینده عوامل تصادفی خارج از کنترل بنگاه، و جزء دوم،  $u_i$ ، نماینده عدم کارایی بنگاه است که مربوط به مسائلی مانند مدیریت، اطلاعات و استفاده از فن‌آوری می‌شود.

همان‌گونه که در نمودار (۲) نشان داده شده است،  $v_i$  می‌تواند مثبت یا منفی باشد و تولید مرزی متناظر با آن بالا یا پایین تابع تولید قرار گیرد.



## نمودار ۲- تابع تولید مرزی



پارامترهای معادله فوق را می‌توان از روشهای مرسوم اقتصادسنجی همچون حداقل مربعات معمولی (OLS) و یا حداکثر درست نمایی (ML) برآورد کرد. روش دوم نسبت به روش اول نیاز به محاسبات بیشتر و پیچیده‌تری دارد، اما به طور مجانبی از آن کارآتر است (Greene, 1997, Schmidt P. and C.A.K. Lovel, 1979).

## ۲-۳. مقایسه روشهای تحلیل فراگیر داده‌ها (DEA) و تحلیل تولید مرزی (SFA)

طی دو دهه اخیر از این دو روش به منظور ارزیابی کارایی واحدهای اقتصادی استفاده‌های وسیعی شده است. در روش تحلیل فراگیر داده‌ها (DEA)، کارایی با بهینه‌سازی و استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی خطی محاسبه می‌شود. در این روش، لزومی به مشخص کردن نوع تابع تولید نیست و عوامل تولید و محصولات می‌توانند واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی داشته باشند. در روش فوق، می‌توان یک مجموعه مرجع و شاخص برای هر کدام از مشاهدات غیرکارآ مشخص نمود. روش تحلیل فراگیر داده‌ها، قادر است مدل‌هایی با چند عامل تولید و محصول را بررسی کند. در روش تحلیل تولید مرزی عدم کارایی نسبت به تابع مرزی با استفاده از داده‌های آماری و با به‌کارگیری روشهای اقتصادسنجی برآورد می‌شود که مستلزم مشخص نمودن شکل تابع تولید است. تحلیل تولید مرزی روش مطلوبی است، زیرا تعریف بهتری از عدم کارایی از دیدگاه اقتصادی را پیشنهاد می‌کند. به عبارت دیگر، این روش با تئوری اقتصاد تولید که ارتباط بین عوامل تولید و محصولات را توضیح می‌دهد سازگارتر است. معیار گزینش این دو روش به موضوع مورد مطالعه بستگی دارد. در جایی که هدف مقایسه کارایی چند بنگاه یا یکدیگر است، ولی امکان برآورد تابع تولید آنها وجود ندارد یا مشکل است، معمولاً روش تحلیل فراگیر داده‌ها روش

مناسبی است. اما از آنجا که این روش عوامل تصادفی و جز، اخلاص را در برآورد تابع تولید مرزی در نظر نمی‌گیرد، در مواردی که این موضوع اهمیت دارد باید از روش تحلیل تولید مرزی استفاده کرد. در این روش امکان آزمون فرضیه‌های مختلفی درباره ویژگیهای تابع تولید و نحوه عملکرد بنگاهها وجود دارد. همچنین، تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر کارایی در این روش امکان پذیر است.

### ۳. داده‌ها

#### ۳-۱. نهاده‌های تولید

صنعت هواپیمایی از نهاده‌های مختلفی به عنوان عوامل تولید استفاده می‌نماید که در اینجا آنها را تعریف می‌کنیم.

**الف: تعداد هواپیمای مسافربری:** شامل تمامی هواپیماهای مسافربری در اختیار شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران و شرکت تابعه آن (ایران ایر تور) است. به واسطه خرید مستمر هواپیما و یا اجاره آن، تعداد هواپیمای در دسترس همواره در نوسان بوده است. همچنین، تعداد این ناوگان به واسطه سقوط، اصابت موشک، عملیات تروریستی و ربودن هواپیما نیز همواره تحت تأثیر بوده است.

**ب: تعداد هواپیمای باری:** شامل هواپیماهای باری در اختیار شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران و شرکت تابعه آن است. این نکته حائز اهمیت است که اصولاً فعالیت‌های حمل بار شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران به صورت پراکنده صورت گرفته و هیچ‌گاه با برنامه‌ریزی کلان و بلندمدت همراه نبوده است.

**ج: تعداد صندلی:** شامل مجموع صندلیهای ناوگان هواپیمایی شرکت هما و ایران ایر تور است. ظرفیت هواپیماهای در اختیار ناوگان هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران دامنه‌ای بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ نفر را شامل می‌شود که می‌تواند به نوعی در همگن کردن متغیر اول یعنی؛ تعداد هواپیماهای مسافربری مورد استفاده قرار گیرد.

**د: ظرفیت ناوگان باری هواپیمایی:** مقدار این متغیر از حاصلضرب تعداد هواپیمای باری در ظرفیت آنها که ۱۰۰ تن است به دست می‌آید.

**ه: تعداد کارکنان:** تعداد افراد شاغل که به صورت رسمی در استخدام شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران و ایران ایر تور هستند. بعد از اعمال سیاستهای خصوصی سازی، بسیاری از امور خدماتی را پیمانکاران خصوصی انجام می‌دهند که نیروهای درگیر و مورد استخدام این پیمانکاران در این آمار قرار نمی‌گیرند.

**و: تعداد پرواز:** نمایانگر تعداد پروازهای تجاری ناوگان در طی سال است. تعداد پروازها لزوماً برابر تعداد نشست و برخاست هواپیماها نخواهد بود، چرا که یک پرواز با یک کد مشخص می‌تواند در مسیرهای بین راه نیز توقف داشته باشد.

**ز: ساعت پرواز:** جمع ساعات پروازی ناوگان است که بیانگر میزان فعالیت ناوگان در طی سال است.

**ح: متغیرهای مجازی حج:** بیانگر سالهایی است که شرکت هواپیمایی ایران زائرین خانه خدا را در ایام حج به کشور عربستان منتقل نموده است. این متغیر مجازی برابر با عدد یک برای سالهایی که فعالیت حج وجود داشته و عدد صفر برای سالهایی که به واسطه تحریم، حج انجام نشده است می‌باشد. این پروازها عموماً یکسر خالی انجام شده و می‌توان ظرفیت اشتغال ناوگان در آنها را ۵۰ درصد در نظر گرفت.

**ط: متغیر مجازی فن‌آوری اطلاعات (IT):** با پیشرفت فن‌آوری در جهت عرضه خدمات بیشتر در عرصه خدمات هواپیمایی، این شرکت در سالهای ۱۳۵۵ به بعد، به انتقال سخت افزارهای رایانه‌ای برای رزرو و فروش بلیط اقدام کرد. این کار در طی زمان و به طور تدریجی تا سال ۱۳۶۲ که در آن فروش و رزرو بلیط کاملاً رایانه‌ای شد، ادامه داشت. در ابتدا، کامپیوتر اصلی IBM را کمپانی KLM هلند در سایت اصلی ایران ایر نصب کرد و گسترش شبکه فروش باعث شد بحث اتوماسیون در شرکت جدی شده، در نهایت، کلیه امور فروش و رزرو بلیط را این سیستم پیاده‌سازی کند. از سال ۱۳۷۸ به بعد نیز با عدم پاسخ‌گویی سیستم فوق، بالاجبار در ازای هزینه چند میلیون دلاری از سیستم رزرو جای گابریل در آتلانتا استفاده شده است. متغیر مجازی فن‌آوری اطلاعات در سالهای قبل از شروع اتوماسیون برابر صفر و در بقیه سالها یک خواهد بود.

**ی: متغیر مجازی سالهای انقلاب، جنگ و تغییرات سیاسی و مدیریتی:** در سالهای انقلاب و جنگ عراق با ایران بسیاری از کریدورهای پروازی به علت اعتصابات، ناامنی خطوط و صدمه خوردن جدی بسیاری از فرودگاهها مسدود شدند. برای لحاظ کردن اثر خاص این سالها، متغیر مجازی انقلاب و جنگ برای سالهای ۱۳۵۷ و ۱۳۵۹-۱۳۶۸ به ترتیب تعریف شده است. همچنین برای کنترل آثار تغییر مدیریتتها و جابه‌جاییهای نیروی انسانی پس از انقلاب و تغییرات سیاسی در اقتصاد کلان کشور، همزمان با شروع برنامه‌های توسعه اقتصادی- اجتماعی و شروع برنامه‌های آزادسازی فعالیت‌های اقتصادی که در فعالیت‌های هواپیمایی نیز تا حدودی اثر گذاشت، متغیرهای مجازی متناسبی تعریف شده‌اند.

**ک: بلیط ارزان هواپیمای روسی:** بعد از فروپاشی شوروی سابق، ناوگان عظیم و فرسوده و غیر مدرن هواپیمایی آن به کشورهای استقلال یافته تشنه ارز خارجی به ارث رسید. از سال ۱۳۷۱، شرکت ایران ایرتور وابسته به شرکت هما تعدادی از هواپیماهای روسی از نوع توپولف و نوعاً TU154 که دارای ظرفیت ۱۴۰ نفر بود را از این کشورها اجاره کرد. این هواپیماها در آن زمان علی‌رغم تکنولوژی کهنه خود، راندمان مناسبی از خود نشان داده بودند. همزمان با این اتفاق، چندین شرکت هواپیمایی دیگر نیز در ایران تأسیس و از این فرصت، یعنی دسترسی به صندلی و بلیطهای ارزان‌تر استفاده کردند. این متغیر کیفی نیز با عدد یک برای سالهای ۱۳۷۱ به بعد تعریف شده است.

**ل: سانحه:** در سالهای مختلف به واسطه عملیات تروریستی، نقص فنی، بمباران و یا هدف قرار گرفتن تعدادی از هواپیماها، ناوگان دچار صدمه شد. این وقایع علاوه بر افت ظرفیت ناوگان، بر تقاضا نیز از

لحاظ آثار روانی بر مصرف‌کنندگان اثر منفی گذاشت. برای کنترل اثر چنین وقایعی که در کنترل شرکت هواپیمایی نبوده است یک متغیر مجازی تعریف شده است.

### ۳-۲. ستانده‌های صنعت خدمات هواپیمایی جمهوری اسلامی

**الف: مسافر حمل شده:** شامل مجموع مسافری که در طی یک سال است. البته با توجه به تنوع خطوط که در برگیرنده مسافت‌های زیر ۳۰۰ کیلومتر تا چند ده هزار کیلومتر است، و از طرف دیگر، تمایز قیمت این مسیرها و حتی نوع پروازهای داخلی و خارجی باید روشی در نظر گرفته شود تا این متغیر به صورتی همگن تعریف شود.

**ب: بار و پست حمل شده:** میزان حمل بار و پست که از طریق ناوگان صورت می‌گیرد. در عمل کلیه بارهای تجاری را هواپیماهای مسافربری حمل می‌کنند. البته مجدداً مسئله ناهمگنی بار حمل شده در خطوط مختلف وجود دارد که می‌بایست به نوعی برطرف گردد.

**ج: مسافر - کیلومتر حمل شده:** عبارتست از تعداد مسافر حمل شده به ازای مسافت پرواز. در تعریف این متغیر، مشکل همگنی کلیه خطوط با توجه به استفاده از کیلومتر طی شده هر مسافر به عنوان وزن آن تا حدودی حل می‌شود.

**د: تن - کیلومتر بار حمل شده:** تناژ حمل شده در مسافت‌های طی شده است که بنا به توضیحات قبل، بارهای حمل شده در خطوط مختلف با مسافت‌های مختلف را به صورت همگنی ارائه می‌دهد.

**ه: درآمد ریالی اسمی:** جمع مبلغ درآمد حاصل شده از خدمات هوایی شرکت که شامل بخش ریالی فروش بلیط داخلی و حمل بار پروازهای داخلی به علاوه مبلغ تسعیر شده درآمد ارزی حاصل از پروازهای برون مرزی که با نرخ ارز رسمی تبدیل شده است.

**و: درآمد ریالی واقعی:** مجموع درآمد ریالی حاصل از پروازهای خارجی و داخلی که با تورم تعدیل شده است.\*

در زمینه متغیرهای فوق ملاحظاتی به شرح زیر وجود دارند که باید مورد توجه قرار گیرند.

\* کلیه اطلاعات مربوط به این داده‌ها از منابع زیر جمع‌آوری شده است:

الف) انتشارات سازمان هواپیمایی کشوری (ایکایو) سالهای ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۹

ب) آمار و اطلاعات مکتوب مربوط به بخش اداره کل اطلاعات هواپیمایی جمهوری اسلامی و بولتنهای داخلی شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی از سال ۱۳۴۰ الی ۱۳۷۹.

ج) سایت اینترنتی هما

د) مصاحبه با افراد مختلف شاغل در بخش اطلاعات و آمار هواپیمایی و بخش رزرواسیون شاغل از سال ۱۳۴۱ تا

هواپیمایی جمهوری اسلامی به عنوان یک بنگاه با مدیریت دولتی در سالهای فعالیت خویش تا سال ۱۳۵۶ دچار چندان افت و خیزی در زمینه فعالیت خود و یا تغییر ظرفیت ناوگان نبود. در این سال، ظرفیت مسافری شرکت به علت ورود حجم عظیمی از ناوگان خریداری شده بویینگ افزایش یافت. ذخیره جا برای مسافران در شرکت تا این سال به صورت غیر همزمان و تلفنی از تنها مرکز ذخیره جا در خیابان ویلای تهران صورت می‌گرفت که امکان هر گونه انعطاف و مانور را از شرکت در زمینه تغییر، اضافه و یا حذف جا سلب می‌کرد. با ورود اولین رایانه شرکت KLM شاهد ورود اولین ماکرو کامپیوتر IBM به سیستم ذخیره جا در شرکت فوق بودیم که به صورت متمرکز عمل رزرو را انجام می‌داد.

دفاتر هواپیمایی تهران نیز از این سال به طور تدریجی از سیستم همزمان رایانه‌ای و خطوط ارتباطی اجاره‌ای (Leased Line) استفاده کردند. فرایند مکانیزاسیون دفاتر فروش بلیط در سطح کشور تا سال ۱۳۶۳ به طول انجامید، بنابراین می‌توان این سال را به عنوان سال شروع استفاده فراگیر از فن‌آوری اطلاعات در واحدهای خدمات مسافری شرکت هواپیمایی ایران فرض نمود.

از طرف دیگر در سال ۱۳۵۷ با وقوع انقلاب اسلامی، شرکت هواپیمایی ایران مواجه با تغییر مدیریت در سطوح وسیع و اخراج کلیه کارکنان خارجی عموماً امریکایی شد که مسافرتها داخلی و خارجی را نحت الشعاع قراردادده تا حد زیادی بر عملکرد شرکت تأثیر منفی گذاشت.

در سالهای ۱۳۵۸ و ۱۳۵۹ با دو مسئله تحریم اقتصادی و بروز جنگ تحمیلی مواجه بودیم که هر دو بر ساختار به شدت امریکایی شرکت تأثیر مخربی گذاشت. نبود قطعات و امکان تعمیرات اساسی، ناامنی کریدورهای پروازی، صدمه به فرودگاهها در طی جنگ موجب افت فعالیت این شرکت شد.

در طی سالهای جنگ نیز به واسطه حمله به هواپیماهای مسافری و با ربودن آنها به بنیه این شرکت صدماتی وارد شد. همچنین، شرکت هواپیمایی در طول سالهای جنگ در ارتباط با واحدهای نظامی در ترابری لجستیک همکاری نمود که با توجه به تجاری نبودن آنها در اندازه‌گیری متغیرهای مربوط به کارایی دخالت داده نمی‌شوند. در نهایت، مسئله پروازهای چارتر این شرکت در حجم عظیم خود به عربستان مطرح است که باعث می‌شود ظرفیت مسافری ناوگان با ضریب ۵۰ درصدی مورد استفاده قرار گیرد چرا که این پروازها عموماً به صورت یک‌سرخالی انجام می‌شوند.

در سال ۱۳۷۲ با فروپاشی شوروی سابق و استقلال کشورهای مشترک المنافع شاهد عرضه هواپیماهای مسافری روسی از طرف این کشورهای تازه استقلال یافته با قیمت‌های ارزان بودیم. شرکت وابسته به هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران ایر که با هدف گسترش پروازهای چارتر و دربستی ایجاد شده بود، از این فرصت استفاده کرده و با اجاره چندین فروند از این هواپیماها که عموماً از نوع توپولوف ۱۵۴ با ظرفیت ۱۴۰ نفر بود عرضه خدمات خود را گسترش داد. از ویژگیهای خاص این نوع هواپیما می‌توان به ارزانی، امکانات رفاهی محدود در مقایسه با هواپیماهای مورد استفاده قبلی، و مصرف زیاد سوخت آنها اشاره کرد. البته تا زمانی که سوخت هواپیما با توجه به یارانه‌های پرداختی ارزان بود، مصرف سوخت زیاد در سودآوری بنگاه تأثیر زیادی نمی‌گذاشت، ولی در سالهای بعد که قیمت سوخت

افزایش یافت، حاشیة سود بنگاه پایین آمد و موجب شد سیاست‌گذاران به دنبال خرید هواپیماهای غربی و یا اجاره آنها از کشورهای واسطه‌ای چون لیبی، تونس و یا امارات و ترکیه برآیند. در این میان ورشکستگی شرکت فوکر نیز باعث شد تعدادی از این هواپیماها جذب شرکت‌های داخلی شوند. نکته بسیار مهم دیگر در شناسایی و تعریف نهاده‌ها و ستانده‌های این بخش برای استفاده در مدل، قیمت‌های تکلیفی بوده که همواره از سوی سیاست‌گذاران عالی به این بنگاه‌ها ابلاغ شده است. بنابراین قیمت‌های خدمات در این بخش، از سیستم تعامل بین عرضه و تقاضا تبعیت نکرده و با توجه به ارزانی نسبی قیمت بلیط هواپیما همواره تقاضا برای خدمات این شرکت‌ها از عرضه آن فزونی داشته و بسیاری از عوامل سوء مدیریت به واسطه عدم کارکرد سیستم قیمتی پنهان مانده است.

#### ۴. برآورد کارایی و عوامل مؤثر بر آن

##### ۴-۱. روش فراگیر داده

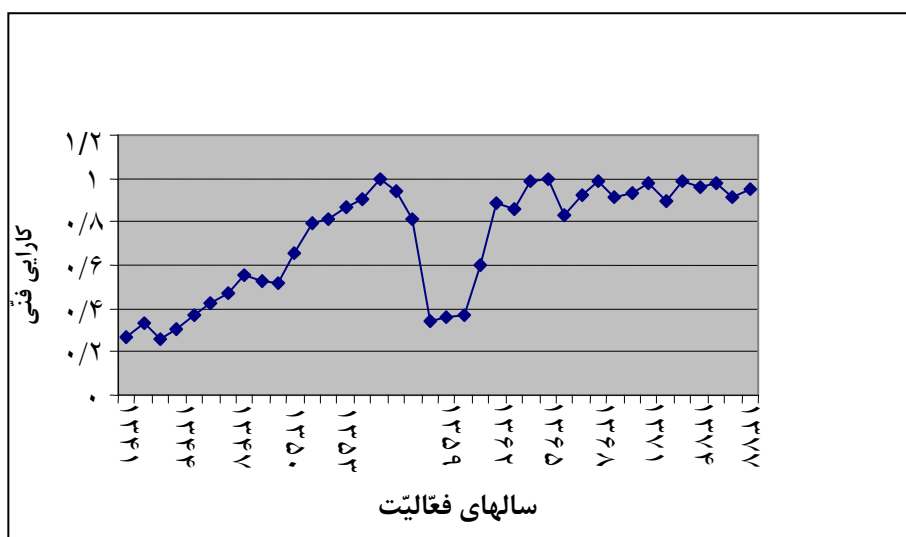
در این روش، معمولاً کارایی چند بنگاه با فرض نهاده‌های تولید و ستانده‌های همسان با استفاده از برنامه‌ریزی خطی مقایسه می‌شود. در مطالعه ما به علت آنکه کارایی تنها یک بنگاه مد نظر است، عملکرد آن طی یک سال با سال‌های دیگر مقایسه شده است. به این ترتیب، می‌توان با روش فراگیر داده‌ها نیز روند کارایی بنگاه را در طی زمان برآورد نمود. نهاده‌های تولید متغیرهای ظرفیت مسافر (تعداد صندلی)، ناوگان، ظرفیت باری ناوگان بر حسب تن، و تعداد کارمندان شرکت و ستانده‌ها نیز مسافر-کیلومتر حمل شده و تن-کیلومتر حمل شده هستند. برآورد کارایی بنگاه در دو حالت با بازدهی ثابت و متغیر به مقیاس و با استفاده از نرم‌افزار DEAP انجام گرفت.

**الف)** در حالت اول، با فرض بازدهی ثابت به مقیاس فرض شده است که بنگاه در وضعیت بهینه تولید خود بوده است. مشاهده نتایج در نمودار (۳) مبین آن است که کارایی تا سال ۱۳۵۶ که بهترین سال کارکرد قبل از انقلاب است، رشد داشته است. در سال ۱۳۵۷ کارایی کاهش یافته و در سال ۱۳۵۹ همزمان با شروع جنگ این روند ادامه داشته است. کارایی طی سال‌های جنگ با توجه به تعدیلات انجام شده بهبود یافته، به طوری که در سال ۱۳۶۶ به حداکثر خود رسیده است. طی سال‌های ۱۳۶۷-۱۳۷۹ نیز با وجود وقایعی مانند سانحه های هوایی و عدم دسترسی مناسب به قطعات و سرویس اساسی با توجه به استهلاک شدید هواپیماها شاهد روندی تقریباً ثابت در کارایی هستیم.

**ب)** در حالت دوم، فرض می‌کنیم که بنگاه بازدهی متغیر به مقیاس دارد. نهاده‌ها و ستانده‌ها دقیقاً مانند حالت قبل تعریف شده‌اند. برآورد روند کارایی در دو بخش کارایی مقیاسی و کارایی فنی با فرض بازدهی متغیر به مقیاس در نمودار (۴) نشان داده شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که تا سال ۱۳۶۸، بازدهی افزایش به مقیاس و پس از آن، کاهش به مقیاس بوده است. کارایی فنی تا سال ۱۳۵۶ در حال افزایش بوده، ولی روند آن در سال ۱۳۵۹ به علت وقوع جنگ تغییر می‌یابد. اوج کارایی

بنگاه در سال ۱۳۶۶ مشاهده می‌گردد. از سال ۱۳۶۹ به بعد نیز شاهد روند تقریباً ثابت همراه با نوساناتی در کارایی هستیم. آنچه لازم به ذکر است عدم بروز تأثیر بسیاری از تکانه‌های وارده به سیستم است. به عنوان مثال؛ بلیط ارزان حاصل از اجاره هواپیماهای روسی از سال ۱۳۶۱ چندان تأثیری بر کارایی نداشته است و یا بهره‌گیری از فن‌آوری اطلاعات نتوانسته است چندان در کارایی مؤثر باشد.

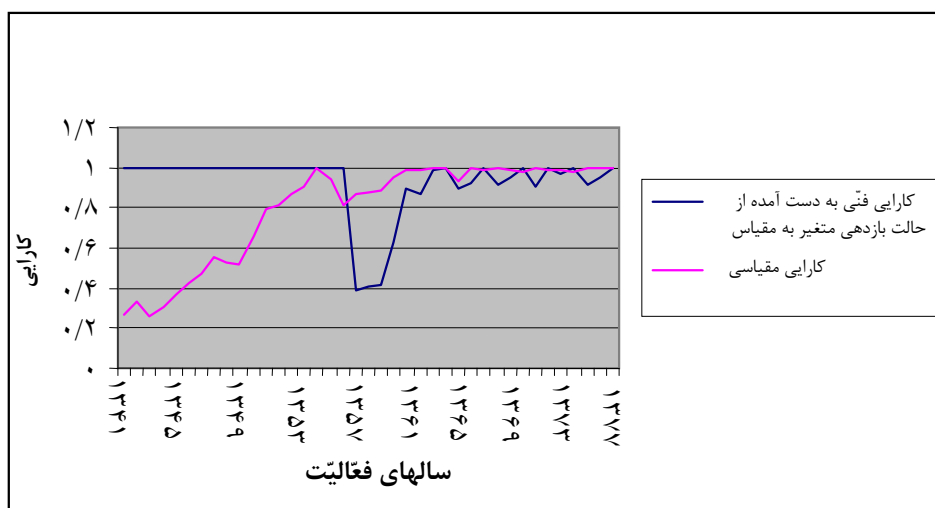
### نمودار ۳- کارایی فنی از روش فراگیر داده‌ها با فرض بازده ثابت به مقیاس



با توجه به تفکیک کارایی در این حالت به کارایی مدیریتی (فنی) و تخصیصی (مقیاسی) در روش فراگیر داده‌ها و بازدهی متغیر به مقیاس، در نتایج حاصل مشاهده می‌گردد که کارایی مدیریتی قبل از انقلاب نسبت به بعد از انقلاب کاملاً برتری دارد. در صورتی که کارایی تخصیصی بعد از انقلاب نسبت به قبل از انقلاب بالاتر است. طبق نتایج، سال ۱۳۶۶ که کارایی در آن بیشترین است را می‌توان به عنوان سال هدف در فعالیتهای شرکت هواپیمایی ایران در نظر گرفت.

در روش فراگیر داده‌ها شرایط بهینه بنگاه از لحاظ کارایی با تکیه بر مشاهدات به دست می‌آید و در نتیجه، شرایط بالقوه در نظر گرفته نمی‌شود. این روش همچنین یک روش قطعی و معین است و نوسانات تصادفی را نمی‌تواند توضیح دهد. علاوه بر این، در این روش امکان تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر کارایی به صورت جزئی‌تر وجود ندارد.

## نمودار-۴. کارایی مقیاسی و فنی از روش فراگیر داده‌ها با فرض بازدهی متغیر به مقیاس



## ۲-۴. روش تابع مرزی تصادفی (SFA)

برای برآورد کارایی از روش تابع مرزی تصادفی، باید ابتدا تابع تولید بنگاه را برآورد نمود. درباره متغیر مقدار تولید شرکت هواپیمایی نکات خاصی وجود دارند که باید در نظر گرفته شوند. در زیرمتغیرهای گوناگونی را که می‌توان به عنوان مقدار تولید خدمات شرکت هواپیمایی در نظر گرفت توضیح می‌دهیم: **حالت اول**) در این حالت درآمد واقعی (درآمد تعدیل شده با تورم) به عنوان ستانده و متغیرهای تعداد کارکنان و تعداد صندلیهای ناوگان به عنوان نهاده‌های تولید در نظر گرفته شده‌اند<sup>۱</sup>. با توجه به اینکه در روش تابع مرزی تصادفی برای برآورد تابع تولید از روشهای اقتصادسنجی با داده‌های سریهای زمانی استفاده می‌کنیم، لازم است که کلیه متغیرهای موجود از لحاظ مانایی آزمون شوند. نتایج آزمون ریشه

۱. تعداد صندلی ناوگان به عنوان متغیر جانشین سرمایه به کار می‌رود. برای متغیر سرمایه می‌توان از تعداد هواپیما و یا سایر سرمایه‌های فیزیکی بنگاه استفاده نمود، ولی همگن نبودن هواپیماها از نظر ظرفیت (تعداد صندلی و ظرفیت حمل بار) و نبود ارزش‌گذاری واقعی آنها در هر زمان و همچنین، وجود تعمیرات اساسی (overhaul) در زمانهای مختلف که امکان تخمین استهلاك را از بین می‌برد، استفاده از این متغیرها را با مشکل مواجه می‌سازد. نبود ارزش‌گذاری واقعی سایر سرمایه‌های فیزیکی شرکت هواپیمایی مانند واحد کترینگ یا هتلها نیز محاسبه ارزش سرمایه فیزیکی شرکت را بسیار مشکل و غیر دقیق می‌سازد.



واحد با روش دیکی - فولر تعمیم یافته<sup>۱</sup> که در جدول (۱) آمده است نشان می‌دهد که کلیه متغیرها مانا بوده، در نتیجه، می‌توانند به صورت عادی در مدل استفاده شوند.

جدول ۱- نتایج آزمون ریشه واحد با استفاده از روش تابع مرزی تصادفی

متغیر	آماره تابع مرزی تصادفی	مقدار بحرانی (۱٪)
نیروی کار	-۴/۹۱	-۳/۶۱
تعداد صندلی	۳/۰۶	-۲/۶۲
مسافر-کیلومتر حمل شده	۳/۲۲	-۲/۶۲
ساعت پرواز ناوگان	-۴/۱۲	-۳/۶۱
مسافت طی شده ناوگان	-۳/۵۱	-۲/۶۳
درآمد واقعی	-۶/۳۳	-۲/۶۳

تابع تولید با روش حداکثر راست نمایی به صورت زیر برآورد شده است:

$$Y_t = 6/24 + 4/89L_t - 3/21S_t + u_t - v_t$$

(۳)      (۲۶)      (۲۳)      (-۱۰/۳)

که در آن:

$Y_t$  ، برآورد لگاریتم درآمد واقعی

$L_t$  ، لگاریتم تعداد کارمندان شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی

$S_t$  ، لگاریتم تعداد صندلی ناوگان

$v_t$  ، برآورد جزء ناکارایی

$u_t$  ، برآورد پسماندها

بوده و اعداد داخل پرانتز بیانگر مقدار آماره  $t$  است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهند، کلیه متغیرها در تابع تولید فوق دارای ضرایب معناداری هستند. کشش درآمد نسبت به تعداد کارکنان در این تابع تولید معادل ۴/۸ محاسبه شده است که مبین این است که در صورت اضافه شدن یک در صد به تعداد کارکنان، درآمد واقعی نزدیک به ۴/۸ درصد افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، مقدار کشش درآمد به تعداد صندلی ناوگان ۳/۲- محاسبه شده است که نمایانگر این نکته است که در صورت کاهش تعداد صندلی به میزان یک درصد، درآمد واقعی به میزان ۳/۲ درصد افزایش خواهد یافت.

## 1. Augmented Dickey-Fuller Test

با توجه به اینکه درآمد تعدیل شده بستگی کامل به قیمت خدمات هوایی دارد و قیمت‌ها در این بازار کاملاً براساس دستورات عملی و نه سازوکار بازار تعیین شده، نمی‌توان درآمد را نماینده مناسبی برای ستانده شرکت هواپیمایی در نظر گرفت. علاوه بر این، درآمدهای ارزی شرکت هواپیمایی که معمولاً با نرخهای رسمی به پول ملی تبدیل می‌شوند نیز، به غیرشفاف‌تر شدن میزان ستانده بنگاه که با درآمد آن اندازه‌گیری می‌شود کمک می‌کند.

**حالت دوم** در این حالت، متغیر تعداد مسافر-کیلومتر حمل شده را به عنوان ستانده بنگاه در نظر می‌گیریم.<sup>۱</sup> این متغیر مشکلات مربوط به محاسبه ستانده شرکت هواپیمایی از روشهای دیگر شامل قیمت‌های تکلیفی، نرخ تبدیل ارز، و همچنین، ناهمگن بودن ظرفیت هواپیماها و مسافتهای طی شده را ندارد و می‌تواند نماینده خوبی برای اندازه‌گیری ستانده این بنگاه خدماتی باشد. نتایج برآورد مدل که با روش ML انجام شده در زیر آمده است.

$$PKM_t = 2/71 + 0/10 L_t + 0/16 S_t + u_t - v_t$$

(۲۷)      (۱۰/۳)      (۱۵/۷)

که در آن،  $PKM_t$  لگاریتم مسافر-کیلومتر حمل شده و بقیه متغیرها مانند حالت قبل هستند. نمودار (۵) روند کارایی به دست آمده در حالت (۲) را نشان می‌دهد. روند کارایی طی سالهای ۱۳۴۱ تا ۱۳۵۵ تقریباً ثابت و همراه با نوساناتی بین ۰/۸ تا ۱ بوده، ولی پس از آن روند نزولی داشته به نحوی که در سال ۱۳۵۹ به پایین‌ترین حد خود یعنی ۰/۶ رسیده است. کارایی شرکت هواپیمایی ایران پس از یک روند صعودی نسبتاً سریع طی سالهای ۱۳۶۰ تا ۱۳۶۲ مجدداً به مقادیر قبلی خود بازگشت نموده است و با نوساناتی ملایم ادامه داشته است.

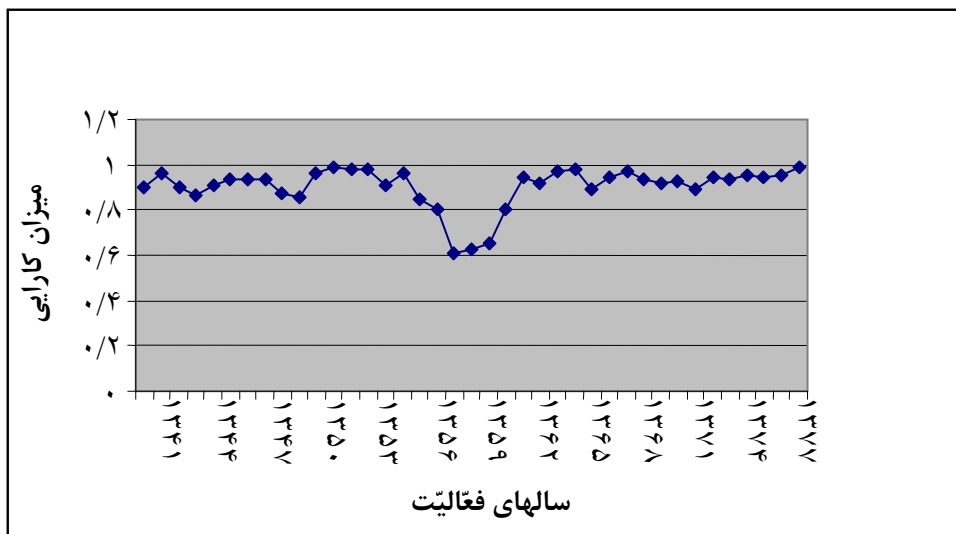
#### ۱-۲-۴. عوامل مؤثر بر کارایی

پس از برآورد کارایی با روش تابع مرزی تصادفی، در مرحله بعد سعی در برآورد ناکارایی و شناسایی عوامل مؤثر بر آن و به خصوص فن‌آوری اطلاعات داریم. معادله رگرسیون زیر سهم عوامل مؤثر بر ناکارایی را برآورد می‌کند. در این معادله ناکارایی (NP) که به صورت تفاضل کارایی از عدد یک تعریف شده است تابعی از تعداد هواپیماهای ناوگان (P)، کل ساعات پرواز ناوگان (TF)، فن‌آوری اطلاعات (IT)، و عواملی مانند تحریم اقتصادی (AW) و انقلاب اسلامی (RT) فرض شده اند.

۱. از آنجا که فعالیت‌های حمل بار ناوگان هواپیمایی جمهوری اسلامی به صورت تجاری در طی سالهای مورد مطالعه قابل توجه نبوده و حمل بار همیشه وابسته به میزان حمل مسافر در مسیرهای مختلف بوده است، آن را در عملکرد شرکت به طور مستقیم در نظر نگرفته‌ایم.

متغیرهای  $AW$ ,  $RT$  و  $IT$  به صورت متغیرهای مجازی تعریف شده‌اند. معادله رگرسیون با روش حداقل مربعات معمولی برآورد شده است که نتایج آن به شرح زیر است:

نمودار -۵. کارایی به دست آمده از روش تابع مرزی تصادفی



$$NP_t = 0/18 + 0/0005P_t - (0/4E - 0/6)TF_t + 0/08IT_t + 0/11AW_t + 0/09RT_t$$

$$(t) \quad (4/3) \quad (2/38) \quad (-6/7) \quad (2/33) \quad (4/5) \quad (3/65)$$

$$R^2 = 0/84$$

اعداد داخل پرانتز بیانگر آماره  $t$  هستند. جمله اتورگرسیون مرتبه اول نیز به منظور رفع همبستگی در اجزای پسماند در معادله وجود دارد که ضریب آن برای رعایت اختصار گزارش نشده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود. کلیه متغیرها دارای ضرایب معناداری بوده و به جز متغیر ساعات پرواز بقیه مثبت هستند. به عبارت دیگر، طبق نتایج بالا، کلیه متغیرها، به جز ساعات پرواز، با درجات گوناگون در افزایش ناکارایی یا به عبارت دیگر کاهش کارایی مؤثر بوده‌اند.

نکته قابل توجه در معادله بالا، علامت مثبت ضریب متغیر فن‌آوری اطلاعات است که نشان می‌دهد به کارگیری فن‌آوری اطلاعات به طور متوسط  $0/08$  واحد کارایی را کاهش داده است. برای توضیح این نتیجه برخلاف انتظار باید به این نکته اشاره نمود که صنعت خدمات هوایی کشور از دوران گذشته از این فن‌آوری استفاده می‌کرده است، ولی استفاده از این فن‌آوری به طور وسیع و منظم در زمینه تهیه

بلیط از سال ۱۳۶۲ آغاز شد که پس از آن کلیهٔ دفاتر فروش از سیستم همزمان رزرو و فروش بلیط استفاده کردند. تا قبل از این تاریخ سیستم فروش بلیط از هر دو روش سنتی و مدرن استفاده می‌کرد که سبب می‌شد سیستم رایانه‌ای جدید نتواند نقش اساسی خود را ایفا نماید. علاوه بر این، معمولاً معرفی و به‌کارگیری فن‌آوری جدید در یک صنعت در ابتدا پر هزینه و به علت فراگیر نشدن آن در سیستم و بروز ناهماهنگی‌هایی بین نیروی انسانی، تکنولوژی سنتی و تکنولوژی جدید احتمالاً همراه با اثر منفی بر کارایی است. بنابراین، به منظور مشخص کردن اثر فن‌آوری اطلاعات بر کارایی بنگاه خدمات هوایی ایران، متغیر فن‌آوری اطلاعات را مجدداً با توجه به سال فراگیر شدن این فن‌آوری در شرکت هواپیمایی ایران تعریف کرده، معادله را برآورد می‌نماییم که نتایج آن به صورت زیر است:

$$NP_t = 0.18 + 0.06P_t - (0.6E - 0.6)TF_t - 0.07IT_t + 0.09RT_t + 0.13AW_t$$

$$(t) \quad (2/99) \quad (2/91) \quad (-5/5) \quad (-2/19) \quad (4/9) \quad (3/48)$$

$$R^2 = 0.86$$

کلیهٔ متغیرها به صورت قبل تعریف شده‌اند و اعداد داخل پرانتز بیانگر آمارهٔ  $t$  است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در این معادلهٔ جدید، ضریب متغیر فن‌آوری اطلاعات از مثبت به منفی تغییر علامت داده است که بیانگر اثرگذاری مثبتی بر کارایی است. در زیر به اختصار مروری به سایر نتایج می‌کنیم:

میزان تأثیر تعداد هواپیما بر ناکارایی مقدار ۰/۰۶ حاصل شده است؛ یعنی با افزایش یک فروند هواپیما شش هزارم واحد از کارایی کاسته می‌شود. این مسئله را می‌توان این طور توضیح داد که افزایش تعداد هواپیما از یک سو، باعث افزایش ظرفیت ولی از سوی دیگر، موجب افزایش زیاد هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری، با توجه به مستعمل بودن هواپیماهای خریداری شده و گسترش برنامه‌ریزی جهت پرواز در خطوط مختلف شده، در نتیجه کارایی را کاهش می‌دهد. به عنوان مثال در سال ۱۳۷۹، با افزایش ۸۷ صدلی می‌توانیم یک در صد افزایش در کارایی را شاهد باشیم، ولی این افزایش کارایی تا حدود زیادی با افزایش ناکارایی حاصل از اضافه کردن یک فروند هواپیما جبران می‌شود. بنابراین با توجه به اصل مقیاس، می‌توان چنین نتیجه گرفت که از دیدگاه کارایی بهتر است برای گسترش ظرفیت خدمات هوایی، به جای خرید هواپیماهای زیاد ولی کوچک، از هواپیماهای بزرگ با تعداد صدلی زیاد استفاده نمود.

ضریب متغیر ساعات پرواز مقدار منفی و بسیار کوچک ۴/۶ - صد هزارم است که بیانگر این موضوع است که اگر با همین تعداد ناوگان بتوانیم ساعات پرواز بیشتری داشته باشیم، کارایی به مقدار بسیار کمی افزایش خواهد یافت.

ضریب متغیر مجازی سالهای مورد تحریم نیز مثبت و برابر با ۰/۱۳ است، که بیانگر اثر زیادی بر ناکارایی شرکت است. جنگ صدمات بسیار زیادی را به پیکرهٔ شرکت هواپیمایی وارد آورد. در طول جنگ، بسیاری از فرودگاهها در اثر بمبارانهای مستقیم تخریب و یا به علت ناامنی پرواز تعطیل شدند و

یا به خدمت جنگ و نیروهای نظامی درآمدند. افزون بر این، تحریم اقتصادی امریکا نیز به عنوان عامل بازدارنده‌ای در جهت تعمیر و نگهداری و به روز نگاهداشتن سرویس‌های هوایی عمل نمود. در نتیجه، در طول سالهای جنگ و بعد از آن، ساعات پرواز و خدمت ناوگان در ازای هر هواپیما در روز کاهش پیدا کرد و موجب کاهش کارایی شد. به نظر می‌رسد تحریم امریکا بالاترین نقش را در کاهش کارایی این دوران ایفا نموده است.

متغیر مجازی سال بروز انقلاب نشان می‌دهد که در سال ۱۳۵۷ کارایی به میزان ۰/۹ واحد در شرکت هواپیمایی ایران کاهش یافته است. این افت در کارایی را می‌توان بیشتر ناشی از اعتصابات، بی‌نظمیها، و سایر مسائلی که طی این سال باعث کاهش تعداد پروازهای داخلی و به ویژه پروازهای خارجی شدند دانست.

در انتها برای بررسی بیشتر، مدل تابع تولید را با متغیرهای دیگری نیز به عنوان ستانده صنعت خدمات هوایی مانند صندلی- کیلومتر عرضه شده و تعداد صندلی- ناوگان برآورد کردیم. نتایج به دست آمده تا حدود زیادی مشابه نتایج حاصل از مدل بالا بودند و در نتیجه در اینجا گزارش نشده‌اند. تنها باید به این نکته اشاره نمود که در حالتی که صندلی- کیلومتر عرضه شده را به عنوان ستانده معرفی می‌کنیم، در حقیقت مسئله فروش خدمات و مدیریت آن را در نظر نمی‌گیریم، زیرا آنچه مورد نظر است تنها خدمات قابل عرضه و نه خریداری شده است. ولی در مورد شرکت هواپیمایی ایران به‌واسطه آنکه تقاضا همواره بیش از عرضه بوده است، این مسئله اهمیت زیادی پیدا نمی‌کند.

## ۵. جمع‌بندی

صنعت خدمات هوایی یکی از مهم‌ترین و پیشروترین صنایع خدماتی و حمل و نقل در امر استفاده از فن‌آوری اطلاعات است. این صنعت در ایران با وجود عمر نسبتاً طولانی خود و مشکلات بسیار سیاسی و اقتصادی و مدیریتی که پس از انقلاب اسلامی با آنها مواجه بوده است، همچنان در جهت نوآوری امکانات و سیستم‌های خدمات‌رسانی خود تلاش کرده است. فن‌آوری اطلاعات در جهان و به خصوص امریکا در دهه ۱۹۹۰ به بعد، به صورت فراگیر در کلیه صنایع و بخشهای تولیدی و خدماتی به کار گرفته شده و طبق مطالعات انجام شده موجب افزایش کارایی اقتصادی شده است. سرمایه‌گذاری در زمینه فن‌آوری اطلاعات در ایران با تأخیر، ولی به سرعت، در حال انجام است و بخشهای بسیاری در حال تجهیز به وسایل مدرن متکی بر فن‌آوری اطلاعات هستند. به نظر می‌رسد قبل از انجام این سرمایه‌گذاریها و یا حداقل همراه با انجام آنها باید مطالعاتی در زمینه میزان اثرگذاری آنها بر کارایی واحدهای تولیدی صورت گیرد. با توجه به اینکه صنعت خدمات هوایی ایران از سال ۱۳۶۲ سیستم فروش و رزرو بلیط خود را مجهز به فن‌آوری اطلاعات کرده است، مورد بسیار خوبی برای مطالعه آثار به‌کارگیری فن‌آوری اطلاعات در کارایی بنگاه در ایران است.

در این مطالعه، برای برآورد کارایی از دو روش تحلیل فراگیر داده‌ها (DEA) و تحلیل مرزی تصادفی (SFA) استفاده کردیم. در روش اول، کارایی سالهای متفاوت بنگاه با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی و در روش دوم با استفاده از روش رگرسیون برآورد شد. سپس با استفاده از نتایج روش تحلیل فراگیر داده‌ها، عوامل مؤثر بر کارایی را شناسایی کرده نقش فن‌آوری اطلاعات را به طور مشخص تجزیه و تحلیل نمودیم. داده‌های مورد استفاده شامل آمار سالهای ۱۳۴۱-۱۳۷۹ برای شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران است. حالت‌های مختلفی از مدل‌های فوق با توجه به فروض مربوط به مقیاس تولید و همچنین تعریف متغیرها، به ویژه متغیر ستانده، معرفی و برآورد شدند. در نهایت، مدل تابع تولید بر اساس مسافر-کیلومتر حمل شده به عنوان متغیر ستانده پاسخهای مناسبی را ارائه داد و بنابراین از آن برای بررسی اثر فن‌آوری اطلاعات بر کارایی استفاده شد. به طور خاص، کارایی دارای روندی تقریباً ثابت، ولی همراه با نوساناتی طی سالهای قبل و پس از دوره ۱۳۵۶-۱۳۵۹ بوده است. متغیر فن‌آوری اطلاعات در صورتی که مبنای به کارگیری فراگیر آن در صنعت خدمات هوایی سال ۱۳۶۲ منظور شود، اثر مثبتی بر کارایی داشته است. در برآوردهای کمی، سعی شد که آثار تکانه‌های مختلف اقتصادی و سیاسی با معرفی متغیرهای مجازی مناسب تا حد امکان کنترل شوند.

بنابراین در مجموع، می‌توان چنین نتیجه گرفت که گسترش استفاده از فن‌آوری اطلاعات در حال حاضر در صنعت خدمات هواپیمایی ایران منجر به افزایش کارایی و در نتیجه، سودآوری آن می‌شود. البته میزان این اثرگذاری در شرایطی که همراه با اصلاح ساختارها و به خصوص افزایش رقابت باشد، نتایج بیشتری نیز خواهد گذاشت.

## منابع

- امامی میبدی، علی. (۱۳۷۹). *اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری (علمی-کاربردی)*. مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران.
- دادرس، محمد رامین. (۱۳۷۸). اندازه‌گیری کارایی فنی در صنعت سیمان ایران. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران.
- عابدی فر، پژمان. (۱۳۷۹). تخمین کارایی فنی صنعت بانکداری ایران. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران.
- اصلاحی، جواد. (۱۳۷۸). اندازه‌گیری کارایی فنی در صنعت قند ایران. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران.
- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. (1984). Models for Estimation of Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, Vol. 30, PP. 1078-1092.
- Charnes A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, PP. 429-444.
- Charnes, A. and Cooper, W.W. (1963). Deterministic Equivalents for Optimising and Satisficing under Chance Constraints. *Operations Research*, Vol. 11, No. 1, PP.18-39.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120, PP. 253-290.
- Dewan Sanjeev, and Kraemer Kenneth, L. (1998). *IT and Productivity: Evidence from Country-Level Data*. Center for Research on Information Technology, University of California, Irvine.
- Fethi, M.D. (2000). *Efficiency and Productivity Growth in the European Airlines Industry: Applications of Data Envelopment Analysis, Malmquist Productivity Index and Tobit Analysis*. University of Leicester, unpublished PhD thesis.
- Fethi, M.D., Jackson, P.M. and Weyman-Jones, T.G. (2001). *An Empirical Study of Stochastic DEA and Financial Performance: the Case of the Turkish Commercial Banking Industry*. University of Leicester Management Centre Discussion Papers in Management and Organization Studies, No. 01/16.
- Forsyth, Peter, J, Hill, Rob D. and Trengove, Chris D. (1986). Measuring Airline Efficiency. *Fiscal Studies from Institute for Fiscal Studies*, Vol. 7, No. 3, PP. 61-81.

- 
- Greene, William. (1997). *Handbook of Applied Econometrics II, Microeconomics*. Ed. By Hashem Pesaran and P. Schmidt, London, Blackwell Pub.
- Lasdon, L.S., Waren, A.D., and Thore, S. (1978). *Design and Testing of a Generalised Reduced Gradient Code for Non-linear Programming*. ACM Transactions on mathematical Software, PP. 4-34.
- Lichtenberg, F. and Lehr, Bill. (1999). Information Technology and Its Impact on Productivity: Firm-level Evidence from Government and Private Sectors, 1977-1993. *Canadian Journal of Economics*, Vol. 32, No. 2, PP. 335-62.
- Lovell, C.A.K. (1993). *Production Frontiers and Productive Efficiency in H. Fried*, C.A.K. Lovell and H. Schmidt (eds) *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press: Oxford.
- Nafar, Nosratollah. (1997). *Efficiency and Productivity in Iranian Manufacturing Industries*. Goteborg University, Sweden.
- Schmidt P. and Lovel, C.A.K. (1979). Estimating Technical and Allocative Inefficiency Relative to Stochastic Production and Cost Functions. *Journal of Econometrics*, No. 9, PP. 343-366.