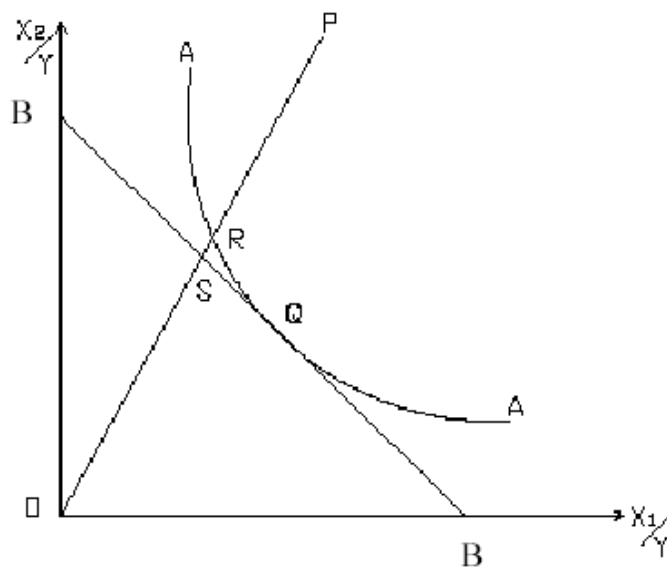


برآورد تابع تولید و کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای ایران



مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری
گروه پژوهشی حکمرانی و مالیه عمومی
مجموعه گزارش شماره ۴۵۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شناسه گزارش

عنوان		برآورد تابع تولید و کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای ایران
کد شناسه	۱۴۰۴-۹-۱۰۵۰۶	
گروه پژوهشی	حکمرانی و مالیه عمومی	
پدیدآورنده	علی اکبر خسروی نژاد	
ناشر	مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری	
تاریخ انتشار	اردیبهشت ۱۴۰۴	
مطالب این گزارش لزوماً بیانگر نظر رسمی مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری نیست.		
حقوق معنوی اثر به پدیدآورندگان و حقوق مادی آن، به مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری تعلق دارد و استفاده از آن با ذکر مأخذ بلامانع است.		
آدرس: تهران - خیابان نجات‌اللهی - خیابان سپند - پلاک ۱۶ شماره‌های تماس ۰۲۱-۴۳۳۰۶۰۰۰ شماره پیام‌رسان ۰۹۹۲۱۵۷۵۸۴۳ https://www.dfrc.ir/		

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
خلاصه مدیریتی.....	أ
۱- ادبیات کارایی فنی.....	۴
۲- توابع تولید.....	۱۰
۱-۲- تابع لئون تیف.....	۱۱
۲-۲- تابع کاب-داگلاس.....	۱۱
۳-۲- تابع با کشش جانشینی ثابت.....	۱۲
۴-۲- تابع ترانسلگ.....	۱۳
۳- ملاحظات در مورد داده‌ها و روش تخمین.....	۱۵
۴- برآورد تابع تولید.....	۱۷
۱-۴- تابع تولید دو نهاده‌ای یا سه نهاده‌ای.....	۱۷
۲-۴- فرم تبعی مناسب تابع تولید.....	۲۰
۳-۴- ساختار جمله کارایی فنی.....	۲۲
۵- کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای ایران.....	۲۷
۱-۵- آماره‌های توصیفی کارایی فنی.....	۲۷
۲-۵- روند کارایی فنی طی دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸.....	۳۰
۳-۵- مقایسه میانگین و متوسط نرخ رشد کارایی فنی در دوره‌های مختلف.....	۳۷
۴-۵- رتبه‌بندی صنایع بر اساس کارایی فنی.....	۴۱
۶- نتیجه‌گیری.....	۴۳
منابع.....	۴۶
پیوست.....	۴۸
(جدول‌های کارایی فنی).....	۴۸

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱: طبقه‌بندی فعالیت‌های صنعتی در سطح کدهای دورقمی (ISIC) ویرایش چهارم.....	۲
جدول ۲: برآورد حداکثر درستمایی پارامترهای تابع تولید کاب- داگلاس دو نهاده‌ای برای صنایع.....	۱۸
جدول ۳: برآورد حداکثر درستمایی پارامترهای تابع تولید کاب- داگلاس سه نهاده‌ای برای صنایع.....	۱۸
جدول ۴: آزمون مدل کاب- داگلاس دو نهاده‌ای در مقابل سه نهاده‌ای.....	۱۹
جدول ۵: برآورد حداکثر درستمایی پارامترهای تابع تولید ترانسلاگ سه نهاده‌ای برای صنایع.....	۲۱
جدول ۶: آزمون مدل کاب- داگلاس در مقابل مدل ترانسلوگ.....	۲۲
جدول ۷: برآورد حداکثر درستمایی پارامترهای سه مدل تولید مرزی تصادفی ترانسلاگ سه نهاده‌ای برای صنایع.....	۲۵
جدول ۸: آزمون فرضیه پارامترهای توزیع اثرات صنعت U_{it}	۲۵
جدول ۹: آزمون فرضیه پارامترهای توزیع اثرات صنعت U_{it}	۲۶
جدول ۱۰: آماره‌های توصیفی کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۰ تا ۱۷ برای کل دوره.....	۲۸
جدول ۱۱: آماره‌های توصیفی کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۸ تا ۲۵ برای کل دوره.....	۲۹
جدول ۱۲: آماره‌های توصیفی کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۲۶ تا ۳۳ برای کل دوره.....	۳۰
جدول ۱۳: میانگین و متوسط نرخ رشد کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۰ تا ۱۷ در دوره‌های مختلف.....	۳۸
جدول ۱۴: میانگین و متوسط نرخ رشد کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۸ تا ۲۵ در دوره‌های مختلف.....	۳۹
جدول ۱۵: میانگین و متوسط نرخ رشد کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۲۶ تا ۳۳ در دوره‌های مختلف.....	۴۰
جدول ۱۶: رتبه‌بندی صنایع کارخانه‌ای بر اساس کارایی.....	۴۲
جدول ۱۷: کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۰ تا ۱۷ برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸.....	۴۸
جدول ۱۸: کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۸ تا ۲۵ برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸.....	۴۹
جدول ۱۹: کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۲۶ تا ۳۳ برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸.....	۴۹

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار ۱: توصیف انواع کارایی به روش فارل.....	۵
نمودار ۲: روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۰ تا ۱۳ و میانگین کل صنایع برای دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸.....	۳۲
نمودار ۳: روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۴ تا ۱۷ و میانگین کل صنایع برای دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸.....	۳۳
نمودار ۴: روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۸ تا ۲۱ و میانگین کل صنایع برای دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸.....	۳۴
نمودار ۵: روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۲۲ تا ۲۵ و میانگین کل صنایع برای دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸.....	۳۵
نمودار ۶: روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۲۶ تا ۲۹ و میانگین کل صنایع برای دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸.....	۳۶
نمودار ۷: روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۳۰ تا ۳۳ و میانگین کل صنایع برای دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸.....	۳۷

خلاصه مدیریتی

شناخت کافی از وضعیت عملکرد صنایع مختلف، سیاست‌گذاران را در جهت بهبود وضعیت بخش‌های صنعتی کمک می‌کند. یکی از شاخص‌های عملکرد صنایع، شاخص کارایی فنی است که به ایجاد بیشترین ستانده ممکن از نهاده‌های در دسترس اشاره دارد. به هنگام حمایت از صنایع مختلف از طریق اعطای تسهیلات ارزان‌قیمت، پرداخت یارانه تولیدی و هرگونه اعمال سیاست‌های حمایتی در بخش‌های صنعتی، نیازمند مجموعه‌ای از شاخص‌های رتبه‌بندی صنایع هستیم. بر این اساس، برآورد کارایی فنی برای صنایع کارخانه‌ای هدف پژوهش حاضر قرار گرفت که بعضی از یافته‌های آن به شرح زیر است:

اصلی‌ترین یافته‌ها و پیشنهادهای این تحقیق به قرار زیر است:

- به طور کلی کارایی فنی صنعت در ایران پایین‌تر از حد انتظار است. متوسط کارایی فنی در صنایع در سطح کدهای دورقمی در دوره مورد بررسی، حدود ۲۴ درصد و در سال ۱۳۹۸، ۳۵ درصد است. این امر ضرورت مطالعه و بررسی وزارت صنعت، معدن و تجارت برای تعیین عوامل اثرگذار بر این وضعیت را دوچندان می‌نماید و نتایج نیز می‌تواند برای سیاست‌گذار جهت استفاده از انواع ابزار سیاستی در دسترس، راهنمایی لازم را فراهم کند.
- یافته‌های این تحقیق حکایت از این دارند که وضعیت کارایی فنی در صنایع نسبت به میانگین کل صنعت دارای پراکندگی بالاست. این یافته یک توصیه سیاستی را در بر دارد. برای اینکه سیاست‌گذار بتواند از ابزارهای حمایتی خود بهره بگیرد (با این فرض که افزایش کارایی صنایع با کارایی پایین محتاج حمایت هدفمند دولت فقط برای یک دوره زمانی معین هستند) می‌توان با انتخاب معیار مشخص، مثلاً ده صنعت با رتبه پایین در کارایی فنی؛ یا صنایع پایین‌تر از میانگین کل؛ یا صنایع با سهم بالاتر از ارزش افزوده کل صنعت اما با کارایی پایین‌تر نسبت به میانگین کل؛ یا ترکیبی از این معیارها مطالعه را به سمت این صنایع متمرکز کرد؛ زیرا افزایش میزان کارایی در چنین صنایعی (با کارایی فنی بسیار پایین) به مراتب راحت‌تر از صنعتی است که با کارایی بالا مشغول به کار می‌باشد. فهرست این صنایع در جمع‌بندی گزارش آمده است.
- نتایج برآوردهای این تحقیق حاکی از آن است که کارایی فنی صنایع در کل دوره روند صعودی داشته است، حال چنانچه دوره زمانی تحقیق را به کل دوره، دوره قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها و دوره بعد از اجرای آن قانون، تفکیک شود، در مورد کارایی فنی صنایع، چند مورد مشترک در تمام صنایع ۲۴ گانه به شرح زیر وجود دارد:

۱- میانگین کارایی فنی در دوره سوم (بعد از هدفمندی) بزرگ‌تر از دوره دوم (قبل از هدفمندی) بوده است.

۲- میانگین کارایی فنی در کل دوره (۹۸-۱۳۸۱) در بین میانگین دوره دوم و سوم قرار داشته است.

۳- متوسط نرخ رشد سالانه کارایی فنی در دوره سوم کوچک‌تر از دوره دوم است.

این یافته‌ها نشان از آن دارند که اجرای قانون هدفمندی و افزایش هزینه حامل‌های انرژی برای صنایع، با وجود عدم اجرای بخشی از قانون که هدایت بخش معین و ثابتی از منابع حاصل از افزایش قیمت حامل‌ها برای حمایت از تولید؛ باز هم نه تنها کارایی فنی تولیدی در صنایع را کاهش نداده بلکه موجب افزایش آن شده است. طبیعی است که با افزایش متوسط کارایی فنی انتظار داشته باشیم که رشد متوسط کارایی فنی در دوره سوم نسبت به قبل از آن کمتر باشد که نتایج نیز همین موضوع را نشان می‌دهد. این یافته یک توصیه سیاستی مهم را برای سیاست‌گذار در بر دارد که با وجود انجام اصلاحات ضروری برای استفاده از ابزار قیمتی و سازوکارهای بازاری در جهت افزایش کارایی تخصیصی و فنی صنایع، اگر سیاست‌های مکمل برای مطالعه و رصد وضعیت صنایع مختلف و کاربرد ابزارهای گوناگون و در دسترس دولت نیز مورد توجه قرار می‌گرفت یا در آینده قرار بگیرد، آنگاه می‌توان وضعیت بهتری در مورد افزایش کارایی در صنایع را انتظار داشت.

مقدمه

شناخت کافی از وضعیت عملکرد صنایع مختلف، سیاست‌گذاران را در جهت بهبود وضعیت بخش‌های صنعتی کمک می‌کند. یکی از شاخص‌های عملکرد صنایع، شاخص کارایی فنی است که به ایجاد بیشترین ستانده ممکن از نهاده‌های در دسترس اشاره دارد. داشتن تصویری از وضعیت کارایی به عنوان یک شاخص در کنار بقیه مؤلفه‌ها می‌تواند به سیاست‌گذاران برای گزینش صنایع در جهت اهداف توسعه‌ای و نیز رفع ناکارایی‌های صنایعی که از دیگر جهات، عملکرد اقتصادی بهتری دارد، کمک نماید.

با توجه به اهمیت رشد اقتصادی و به‌ویژه بخش تولید، شناخت ظرفیت بخش‌های مختلف اقتصادی به منظور تحقق رشد، ضروری است. در این میان بخش صنعت، به‌ویژه صنایع کارخانه‌ای می‌توانند نقش مهمی را در تحقق رشد تولید ایفا کنند. افزون بر آن، مقایسه کارایی فنی هر یک از این صنایع می‌تواند راهنمایی برای اولویت‌گذاری جهت رشد بخش‌های صنعتی باشد.

به هنگام حمایت از صنایع مختلف از طریق اعطای تسهیلات ارزان‌قیمت، پرداخت یارانه تولیدی و هرگونه اعمال سیاست‌های حمایتی در بخش‌های صنعتی، نیازمند مجموعه‌ای از شاخص‌های رتبه‌بندی صنایع هستیم. کارایی فنی که در این تحقیق به صورت تصادفی برآورد می‌شود، یک شاخص چندوجهی است که از ترکیب متغیرهای نیروی کار، موجودی سرمایه و نهاده انرژی در قالب تابع تولید به دست می‌آید. داشتن این معیار به همراه کشش‌های تولیدی هر نهاده و سایر شاخص‌ها می‌تواند ما را به یک ضابطه چندمتغیره رهنمون سازد.

در جهت الزامات مرتبط به اجرای این پژوهش از منظر قانونی می‌توان به مواردی چون: ماده ۳ و ۱۸ قانون برنامه هفتم به شرح زیر اشاره کرد:

ماده ۳: متوسط نرخ رشد اقتصادی در طول سال‌های برنامه هفتم، ۸ درصد می‌باشد که حداقل یک‌سوم آن از محل رشد بهره‌وری کل عوامل تولید است.

ماده ۱۸: به منظور افزایش بهره‌وری کل عوامل تولید و افزایش شتاب پیشرفت و نوآوری علمی و فناوری در حوزه‌های اطلاعات و ارتباطات با تأکید بر توسعه زیست‌بوم و رشد فراگیر اقتصاد دیجیتال در کشور و ارتقاء سهم اقتصاد دیجیتال از تولید ناخالص داخلی کشور به حداقل ده درصد (۱۰٪) در پایان برنامه هفتم توسعه کشور.

این دو ماده به طور ضمنی به شناخت صنعت، ظرفیت‌های بهره‌برداری و همچنین بهره‌وری اشاره دارند که کارایی فنی زیرمجموعه آن است.

در این مطالعه از داده‌های کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن به بالا مرکز آمار ایران بر اساس سیستم طبقه‌بندی ISIC استفاده شده و سطح هم‌فزونی^۱ مطالعه بر اساس کدهای دورقمی است. دوره مطالعه سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ می‌باشد. در جدول (۱) فعالیت‌های صنعتی بر اساس کد دورقمی آمده است.

جدول ۱: طبقه‌بندی فعالیت‌های صنعتی در سطح کدهای دورقمی (ISIC) ویرایش چهارم

کد صنعت	نام صنعت
۱۰	تولید فراورده‌های غذایی
۱۱	تولید انواع آشامیدنی‌ها
۱۲	تولید فراورده‌های توتون و تنباکو
۱۳	تولید منسوجات
۱۴	تولید پوشاک
۱۵	تولید چرم و فراورده‌های وابسته
۱۶	تولید چوب و فراورده‌های چوب و چوب پنبه - به‌جز مبلمان - ساخت کالا از حصیر و مواد حصیربافی
۱۷	تولید کاغذ و فراورده‌های کاغذی
۱۸	چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط‌شده
۱۹	تولید کک و فراورده‌های حاصل از پالایش نفت
۲۰	تولید مواد شیمیایی و فراورده‌های شیمیایی
۲۱	تولید داروها و فراورده‌های دارویی شیمیایی و گیاهی
۲۲	تولید فراورده‌های لاستیکی و پلاستیکی
۲۳	تولید سایر فراورده‌های معدنی غیرفلزی
۲۴	تولید فلزات پایه
۲۵	تولید محصولات فلزی ساخته‌شده، به‌جز ماشین‌آلات و تجهیزات
۲۶	ساخت محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری
۲۷	تولید تجهیزات برقی
۲۸	تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر

تولید وسایل نقلیه موتوری، تریلر ونیم تریلر	۲۹
تولید سایر تجهیزات حمل و نقل	۳۰
تولید مبلمان	۳۱
تولید سایر مصنوعات طبقه بندی نشده در جای دیگر	۳۲
تعمیر و نصب ماشین آلات و تجهیزات	۳۳

مأخذ: مرکز آمار ایران، طبقه بندی فعالیت های اقتصادی

نتایج این پژوهش می تواند مورد استفاده پژوهشگران، مؤسسات پژوهشی مرتبط، دستگاه های ستادی و اجرایی مانند وزارت صنعت، معدن و تجارت؛ ریاست جمهوری و کمیسیون اقتصادی دولت؛ سازمان برنامه و بودجه کشور؛ و اتاق صنایع و معادن قرار گیرد.

در این گزارش پس از مقدمه، در بخش دوم به ادبیات کارایی فنی می پردازد. برای برآورد و اندازه گیری کارایی فنی نیازمند تابع تولید بوده که انواع توابع تولید و ویژگی های آنها در بخش سوم آمده است. بخش چهارم به موضوع ملاحظات در مورد داده ها و روش تخمین مدل اختصاص یافته است. در بخش پنجم برآورد تابع تولید و آزمون های مربوط به آن را پرداخته می شود. بخش ششم با عنوان کارایی فنی صنایع کارخانه های ایران آماره های توصیفی، روند زمانی، مقایسه دوره ها در مورد کارایی فنی صنایع ۲۴ گانه آمده است. در نهایت، گزارش با جمع بندی و نتیجه گیری به پایان می رسد.

۱- ادبیات کارایی فنی

کوشش‌های اقتصادی انسان همواره معطوف بر آن بوده که حداکثر نتیجه را با کمترین امکانات و عوامل موجود به دست آورد، این تمایل را می‌توان دستیابی به کارایی و بهره‌وری بالاتر نامید. بهره‌وری مفهومی جامع و دربرگیرنده کارایی است که افزایش آن به منظور ارتقاء سطح زندگی، رفاه، آرامش و آسایش انسان‌ها است که همواره مدنظر دست‌اندرکاران سیاست و اقتصاد بوده است. برخی تداوم و بقاء یک نظام سیاسی و اقتصادی را نیز منوط به بهره‌وری دانسته‌اند.

در پی تعالی و تکامل دانش بشر در علم اقتصاد، مفاهیم بهره‌وری و کارایی توسعه و تکامل یافته در دو دهه اخیر، اندازه‌گیری آن نیز بر مبنای نظریه‌های اقتصاد، امکان‌پذیر و عملی شده است. در مفهوم جدید، کارایی به مفهوم تلف نکردن منابع است و از نسبت کل ستاده به کل نهاده به دست می‌آید و بهره‌وری به معنی مقایسه کارایی یک بنگاه (سازمان) طی دو زمان متفاوت و یا مقایسه کارایی دو بنگاه (سازمان) نسبت به یکدیگر در یک زمان می‌باشد و به زبان بهتر، بهره‌وری مقایسه کارایی است.

نظریات مختلفی در ارتباط با کارایی وجود دارد. اقتصاددانان به‌طور معمول کارایی را تحت شرایط رقابت کامل تعریف می‌کنند. برای مثال، هایک^۱ در این باره می‌گوید: «کارایی وقتی وجود دارد که نرخ نهایی جانشینی^۲ بین دو کالا یا عوامل تولیدی در تمامی استفاده‌های مختلفی که از آن‌ها می‌شود، یکسان باشد».

هیرشلیفر^۳ می‌نویسد: کارایی وقتی وجود دارد که تعادل پرتو برقرار باشد؛ یعنی افزایش در مطلوبیت یک یا چند شخص بدون کاهش در مطلوبیت دیگران امکان‌پذیر نباشد.

سامانث دیوید^۴ معتقد است که کارایی عبارت است از نسبت ستاده واقعی به ستاده استاندارد و یا ستاده مورد انتظار.

نیکلسون^۵ کارایی را این‌گونه تعریف می‌کند: کارایی در اقتصاد به مفهوم تخصیص بهینه منابع است و در مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، هنگامی یک فعالیت کارا است که مقدار تولید آن قابل افزایش نباشد مگر اینکه تولید سایر فعالیت‌ها کاهش یابد. تعاریف مختلف دیگری نیز از کارایی وجود دارد که همگی بر به دست آوردن محصول بیشتر، بهتر و یا استاندارد از یک نهاده ثابت و مشخص دلالت دارند.

1. Haik, 1948

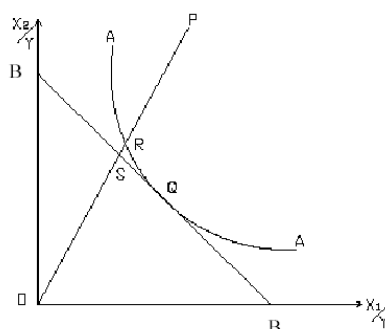
2. Marginal Rate of Substitution

3. Hirshelifer, Jack, (1980). "Price Theory and Application", Prentice-Hall (Englewood Cliffs, N.J).

4. Summanth, 1985

5. Nicholson, 1972

مجموعه روش‌های رویکرد نوین اندازه‌گیری کارایی بر اساس مفهوم تابع تولید بر نظریه اندازه‌گیری کارایی است که توسط فارل (۱۹۵۷)^۱ بیان شد و امکان عملی اندازه‌گیری آن در دهه ۱۹۷۰ به روش اقتصادسنجی یا پارامتریک و برنامه‌ریزی خطی یا ناپارامتریک با تلاش اقتصاددانان و متخصصان تحقیق در عملیات ممکن گردید.



نمودار ۱: توصیف انواع کارایی به روش فارل

مفهوم و روش اندازه‌گیری نوین کارایی بر مفهوم تابع تولید (مرزی)؛ یعنی حداکثر ممکن تولید که از مقدار معینی نهاده به دست می‌آید. فارل نظریه خود را با یک مثال ساده از بنگاه‌هایی که با استفاده از دو عامل تولید (X_1, X_2) یک محصول (Y) را تولید می‌کنند با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس و بر مبنای روش حداقل‌سازی عوامل تولید بیان کرد. در نمودار (۱) مجموعه نقاط بر روی منحنی هم مقدار تولید AA نشان‌دهنده کارایی فنی است، به طوری که این منحنی بیان‌کننده تمام ترکیبات ممکن از عوامل تولید است که سطح مشخصی از محصول را تولید می‌کنند. به این ترتیب سه ناحیه در این نمودار قابل تعریف است: نقاط بالای منحنی AA بنگاه‌های ناکارا، نقاط روی منحنی AA نقاط کارا و نقاط زیر منحنی AA غیر قابل حصول هستند.

از آنجا که سه بنگاه (صنعت) P، R و S بر روی خط OP قرار گرفته‌اند، هر سه به نسبت یکسان - اما با مقادیر و سطوح مختلف کارایی - از دو عامل تولید استفاده می‌کنند. حال با توجه به این که بنگاه (یا صنعت) واقع بر منحنی AA بنگاه (صنعت) کارا هستند، کارایی فنی بنگاه مفروض P به این صورت محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{OR}{OP} \quad \text{کارایی فنی بنگاه (صنعت)}$$

1. Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, Vol. 120, No. 3, pp. 253-290.

بر این اساس کارایی فنی با افزایش فاصله بنگاه از منحنی AA به سمت صفر و با کاهش آن به سمت یک میل می‌کند. تابع مرزی تصادفی به‌طور مستقل توسط «ایگنر، لاول و اشمیت»^۱ و «میوسن و ون‌دن‌بروک»^۲ ارائه شد. مدل مذکور شامل تابع تولید (هزینه) برای داده‌های مقطعی^۳ و یک جمله‌ی خطای مرکب^۴ دوجزئی است. در روش پارامتری آماری دلیل تفاوت بین تابع واقعی و تابع مرزی عامل ناکارایی فنی و عامل تصادف است؛ یعنی اگر عملکرد بنگاهی متفاوت از تابع مرزی باشد بخشی از آن به دلیل عدم کارایی فنی و بخش دیگر آن به دلیل اثر عامل تصادف است.

یک جزء جمله خطا بیانگر عوامل تصادفی و دیگری جزء ناکارایی فنی است. این مدل را می‌توان به صورت زیر تشریح کرد:

$$\begin{aligned} Y_i &= X_i\beta + e_i \\ Y_i &= X_i\beta + (V_i - U_i) \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن Y_i تولید بنگاه i ام، X_i بردار k تایی از نهاده‌های بنگاه i ام و β بردار پارامترهای ناشناخته است. انحراف نقاط مشاهده شده از تابع تولید مرزی به دو بخش U و V بستگی دارد که از نظر ماهیت با یکدیگر متفاوت هستند.

V_i = متغیر تصادفی است و فرض می‌شود دارای توزیع نرمال یکسان و مستقل از هم است.

U_i = متغیر تصادفی مستقل غیرمنفی و بیانگر ناکارایی فنی در تولید است. به این صورت که با فرض سطح معینی از تکنولوژی و نهاده، ممکن است تولید از مقدار بالقوه‌اش کمتر و فرض می‌شود $U_i \sim iid N(0, \sigma_u^2)$ دارد. با توجه به رابطه دوگان تولید و هزینه می‌توان از فرم تابع هزینه استفاده کرد با این تغییر که به‌جای جمله خطای $V_i - U_i$ از جمله خطای $V_i + U_i$ استفاده کنیم که در آن U_i شامل اطلاعات مربوط به ناکارایی هزینه (ناکارایی اقتصادی) بنگاه i ام است.

در روش SFA به دلیل این که بر اساس روش‌های اقتصادسنجی است، انجام انواع آزمون‌های آماری و آزمون‌های فرضیه در این روش میسر است.

-
1. Aigner, D.J., Lovell, C.A.K. and Schmidt, P. (1997), "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", Journal of Econometrics, No.6, pp.21-37.
 2. Meeusen, W. and Vam den Broeck, J. (1977), "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function With Composed Error", International Economic Review, vol 18, pp 435-444.
 3. Cross Sectional Data
 4. Compound Error

پیت و لی^۱ (۱۹۸۱) در مقاله «اندازه‌گیری کارایی فنی در صنایع اندونزی» کاربرد مدل توابع مرزی تصادفی را با استفاده از داده‌های پانل گسترش دادند. در مدل آن‌ها، فرض شده بود که کارایی فنی در طول زمان تغییر نمی‌کند که درباره بازه‌های زمانی طولانی منطقی به نظر نمی‌رسید. بنابراین باتسی و کولی^۲ (۱۹۹۲) یک تابع تولید مرزی تصادفی برای داده‌های پانل غیرمتوازن برای ۱۵ کشور طی سال‌های ۸۶-۱۹۷۵ با استفاده از تابع تولید کاب-داگلاس پیشنهاد کردند. این تابع دارای اثرات مشخص بوده است، به گونه‌ای که متغیرهای تصادفی آن توزیع نرمال گسسته دارند. همچنین ضرایب این مدل می‌توانند در طول زمان تغییر کنند. مدل پیشنهادی آن‌ها با اضافه کردن اندیس t برای زمان به صورت زیر است:

$$Y_{it} = X_{it}\beta + (v_{it} - u_{it}) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

که تعریف متغیرها همانند معادله (۱) برای سال t ام و ساختار پیشنهادی برای u_{it} به صورت زیر می‌باشد.

$$u_{it} = (u_i \exp(-\eta(t - T))) \quad (3)$$

همچنین فرض می‌شود که u_{it} توزیع نرمال بریده شده در نقطه صفر است؛ یعنی:

$$u_{it} \sim iid N(\mu, \sigma_u^2)$$

که η در معادله (۳)، پارامتر مورد برآورد است. در صورتی که از واریانس جزء اختلال استفاده نماییم و

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$$

قرار دهیم به مدل باتسی و کرا^۳ (۱۹۷۷) می‌رسیم. روش برآورد این مدل از طریق حداکثر درستنمایی است که در آن، η بین صفر و یک می‌باشد. در صورتی که η را مساوی صفر قرار دهیم، مدل (۳) به مدلی تبدیل می‌شود که در آن ضرایب طی زمان ثابت است. این حالت از مدل (۳) را در ادبیات نظری می‌توان در مقاله باتسی، کولی و کلبی^۴ (۱۹۸۹) ملاحظه کرد. چنانچه η را مساوی صفر قرار داده و داده‌های پانل موجود، دارای تعداد مشاهده‌های یکسان در هر یک از سال‌های مورد مطالعه باشد، مدل (۳) به مدل باتسی و کولی (۱۹۸۸) تبدیل می‌شود. به عبارت دیگر، مدل باتسی و کولی (۱۹۸۸) حالت خاصی از مدل باتسی، کولی و کلبی (۱۹۸۹) می‌باشد که در آن تعداد مشاهده‌های مقطعی در داده‌های پانل برای تمامی سال‌ها یکسان است.

1. Pitt & Lee
2. Battese & Coelli
3. Battese & Corra
4. Battese, Colli & Colby

در این مطالعه ما از ساختار تابع مرزی در معادله (۲) استفاده خواهیم کرد. برای ساختار جمله ناکارایی، معادله (۳) را مد نظر و از نظر آماری آزمون می‌نماییم. این مطالب در بخش پنجم گزارش و مشخصاً در قسمت (۵-۳) آمده است. در ادامه بعضی از مطالعات انجام شده در خصوص اندازه‌گیری کارایی فنی معرفی می‌شوند.

حکیمی پور و هژبر کیانی (۱۳۸۷) در پژوهشی میزان کارایی فنی و عوامل مؤثر بر آن را طی سال‌های ۸۳-۱۳۷۰ به تفکیک استان‌های مختلف و با استفاده از SFA مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در مجموع بر اساس برخی از نتایج، کارایی صنایع کارخانه‌ای ایران، پایین و از میانگین ۰/۳۷ طی این دوره برخوردار بوده است. استان‌های خوزستان و سیستان و بلوچستان به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین سطح کارایی صنایع را داشته‌اند. همچنین، عواملی همچون دولتی بودن مالکیت واحدهای صنعتی و شدت مصرف انرژی، اثرات منفی بر عملکرد این صنایع داشته است، در حالی که با گسترش اندازه بنگاه‌ها، سطح کارایی صنایع افزایش یافته است.

رضایی و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله خود به برآورد کارایی فنی ۱۲۳ صنعت ایران در سطح کدهای ۴ رقمی آیسیک با استفاده از تابع تولید مرزی تصادفی و بررسی جایگاه صنایع با فناوری بالا پرداختند. دوره زمانی مطالعه شامل سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ بوده است. نتایج نشان می‌دهد که متوسط کارایی فنی صنایع کشور طی دوره مورد بررسی، مقدار ۰/۴ است که از بین صنایع مورد بررسی، ۴۹ صنعت، شامل ۶ صنعت از ۱۰ صنعت با فناوری بالا، دارای کارایی فنی بالاتر از متوسط می‌باشند. صنایع «تولید ابزارهای اپتیکی و تجهیزات عکاسی» و «تولید وسایل نقلیه هوایی و فضایی» نسبت به دیگر صنایع منتخب دارای بالاترین کارایی هستند.

جیوانی و نزو^۱ (۲۰۰۱) به بررسی وضعیت کارایی صنایع کارخانه‌ای کشورهای عضو OECD برای دوره ۲۰۰۰-۱۹۹۴ پرداختند. بر اساس نتایج این تحقیق، متوسط میزان سطح کارایی طی دوره مورد بررسی ۰/۸۸ بوده و صنایع خودروسازی و تبدیلی به ترتیب از عملکرد بالا و پایینی برخوردار بوده‌اند. عواملی همچون سطح نیروی متخصص، حوزه‌های اقتصادی فعالیت و دسترسی بهتر به بازارهای مالی بر عملکرد این صنایع اثر داشته است.

دایورت^۲ (۲۰۰۹) در تحقیقی دیگر، تغییرات کارایی صنایع کارخانه‌ای آمریکا را برای دوره ۲۰۰۶-۱۹۹۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که میانگین کارایی این صنایع از رشد مناسبی برخوردار بوده و از ۰/۷۶ در سال ۱۹۹۰ به ۰/۹۲ در سال ۲۰۰۶ رسیده است. افزایش ارتباطات متقابل بخش‌های مختلف صنعتی از جمله دلایل تغییرات کارایی صنایع بوده است.

1. Giovannini & Nezu

2. Diewert

پرابو و دیگران^۱ (۲۰۱۱) از طریق تابع تولید مرزی تصادفی به ارزیابی کارایی فنی ۱۲۱ شرکت در بورس اندونزی طی دوره ۲۰۰۵-۲۰۰۰ پرداخته‌اند. متغیرهای مورد بررسی شامل سن، اندازه، سهم بازار و دسته‌بندی صنعتی شرکت‌ها بود. بر اساس نتایج به دست آمده، پارامترهای سن و اندازه شرکت تأثیر مثبت بر کارایی دارند و هر چه سهم بازار بیشتری در اختیار شرکت مورد نظر باشد، کارایی بالاتری دارد.

1. Prabowo et al.

۲- توابع تولید

توابع تولید، ساختار تولیدی یک صنعت (یک بنگاه) را از نظر مهندسی و فیزیکی به همراه مخارج صرف شده برای محصولات مختلف در قالب مدل‌های ریاضی ارائه می‌کند. مدیریت بنگاه و صنعت و سیاست‌گذاری در مورد آن، نیازمند آگاهی دقیق از چگونگی وضعیت این ساختار می‌باشد. در ابتدا یک مدل ریاضی تصریح شده و سپس تبدیل به مدل تصادفی و اقتصادسنجی گردیده تا پس از برآورد مدل، وجوه مدیریتی و سیاست‌گذاری در خصوص فرایندهای تولیدی تعیین و اتخاذ تصمیم شود. سپس این قسمت به بررسی مفاهیم و شکل عمومی توابع تولید اختصاص یافته است.

تابع تولید یک مفهوم کاملاً فیزیکی است و به‌طور ساده رابطه بین ستاده و نهاده‌های تولید را نشان می‌دهد. این تابع بیانگر حداکثر محصولی است که از ترکیبات مختلف نهاده‌های تولید به دست می‌آید. در این تعریف هم مقدار محصول و هم مقادیر نهاده‌ها به صورت فیزیکی بیان می‌شوند. البته تابع تولید در شرایط تکنولوژیکی معینی تعریف می‌شود. به بیان دیگر تابع تولید نشان‌دهنده مقادیر یک محصول است که با استفاده از مقادیر مختلف یک نهاده متغیر به دست می‌آید. علاوه بر این می‌توان گفت که این تابع قانون نسبت‌ها را توضیح می‌دهد. به این معنی که تبدیل عوامل تولید به محصولات در یک زمان معین توصیف می‌شود. همچنین این تابع تکنولوژی یک واحد تولیدی (یا کل اقتصاد) را نشان می‌دهد. در بعضی موارد به تابع تولید، تابع تبدیل^۱ نیز گفته می‌شود؛ اما این تابع بیانگر نرخ تکنیکی است که در آن یک یا چند نهاده به محصول مشخصی تبدیل می‌شود.

همانند هر تابع دیگر، تابع تولید را نیز می‌توان به یکی از اشکال نمودار، جدول و یا یک فرم ریاضی بیان کرد. پس اگر مقدار نهاده‌های تولید را با X_i و مقدار محصول را با Y نشان دهیم، فرم کلی تابع تولید در کوتاه‌مدت به صورت زیر خواهد بود:

$$Y = f(X_i) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

همچنین هریک از این توابع به فرم‌های مختلفی ممکن است ظاهر شود. از جمله در ساده‌ترین فرم خود به صورت خطی و در شکل‌های پیچیده‌تر و در عین حال واقعی‌تر به صورت درجات دو و بالاتر، لگاریتمی و نیمه لگاریتمی، نمایی و امثال آن قابل بیان است. تعیین فرم دقیق این تابع تا حدود زیادی بستگی به شرایط تولید دارد. با وجود این، غالباً اقتصاددانان علاوه بر استفاده از تجربیات مشابه، ملاک انتخاب فرم تابع را بر مبنای

توجیه آماری آن قرار می‌دهند. علاوه بر این، توابع تولید برحسب تعداد نهاده‌های متغیر و دوره زمانی نیز انواع متفاوتی دارند.

نخستین گام در تخمین و برآورد تابع تولید (هزینه) انتخاب صحیح فرم تابع می‌باشد. در تخمین و برآورد تابع تولید و هزینه از توابع مختلفی می‌توان استفاده کرد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

۲-۱- تابع لئونتیف

فرم تبعی تابع لئونتیف^۱ به صورت زیر است:

$$Y = \min\left(\frac{K}{\beta}, \frac{L}{1-\beta}\right)$$

که در آن Y تولید (محصول)، K نهاده سرمایه، L نهاده نیروی کار و β پارامتر تابع می‌باشد. از ویژگی‌های این تابع می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- منحنی تولید یکسان به صورت دو خط عمود بر هم می‌باشد و نهاده سرمایه و نیروی کار با نسبت ثابتی در تولید به کار می‌روند؛ یعنی تولیدکننده اگر بخواهد تولید خود را افزایش دهد باید عوامل تولید را با نسبت ثابت افزایش دهد.

۲- تولید نهایی نهاده‌ها صفر می‌باشد.

۳- تابع تولید با نسبت‌های ثابت همگن از درجه یک است، به عبارتی بازده ثابت نسبت به مقیاس وجود دارد.

۴- کشش جانشینی عوامل تولید، صفر است.

۲-۲- تابع کاب-داگلاس

این تابع از متداول‌ترین توابع تولیدی است که در مطالعات اقتصادسنجی مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرم خطی برای n نهاده به صورت زیر نمایش داده می‌شود.

$$\ln Y = \ln A + \sum_{i=1}^n \ln X_i$$

که در آن Y معرف مقدار ستانده و X_i ها مقدار نهاده‌های تولیدی به کار رفته در صنعت و A پارامتر تکنولوژی می‌باشد.^۱ در تابع کاب-داگلاس همواره باید از هر دو نهاده جهت تولید استفاده کرد زیرا با قرار دادن مقدار صفر به جای یکی از نهاده‌ها میزان تولید صفر خواهد شد. فرم تابع در حالت دو نهاده‌ای به صورت زیر است:

$$Y = AX_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2}$$

پس از گرفتن لگاریتم از طرفین معادله فرم لگاریتمی آن به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\ln Y = \ln A + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 \quad (4)$$

بعضی از خصوصیات این تابع عبارت‌اند از:

- ۱- در فرم لگاریتمی تابع ضرایب β_1 و β_2 به عنوان کشش نهاده‌ها است.
- ۲- مجموع کشش‌های تولیدی برابر با بازدهی نسبت به مقیاس می‌باشد. بنابراین برای مثال اگر مجموع توان‌ها کوچک‌تر از یک باشد ($\beta_1 + \beta_2 < 1$) قانون بازدهی نزولی وجود خواهد داشت.

۲-۳- تابع با کشش جانشینی ثابت^۲

افرادی چون آرو، سولو و چنری به دنبال مشکلات تابع کاب-داگلاس، مبحث جانشینی کار و سرمایه را مطرح و تابعی به نام C.E.S را معرفی کردند که فرم ریاضی آن به صورت زیر است.

$$Y = A[\beta X_1^{-\rho} + (1-\beta)X_2^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}$$

از مهم‌ترین ویژگی‌های این تابع عبارت است از:

- ۱- کشش جانشینی نهاده‌ها (σ) ثابت است.^۳
 - ۲- تابع همگن از درجه یک می‌باشد.
 - ۳- تولید نهایی برابر است با ترکیبی از نسبت عوامل تولید.
 - ۴- نرخ نهایی جانشینی فنی (MRTS) تابعی از نسبت عوامل تولید می‌باشد به عبارت دیگر مسیر توسعه برای این تابع خطی می‌باشد.
- از ویژگی‌های بارز تابع این است که تابع در حالت‌های خاص می‌تواند به توابع دیگر تبدیل شود.

۱. در تابع کاب داگلاس اگر مواد اولیه k برابر شوند بسته به این که مجموع کشش‌ها بیشتر، کمتر و یا مساوی با یک باشند، به ترتیب بازده صعودی، نزولی و یا ثابت نسبت به مقیاس خواهیم داشت.

2. Constant Elasticity of Substitution=CES

۳. طبق تعریف کشش جانشینی عبارت از درصد تغییرات نسبت نهاده‌ها به درصد تغییرات نرخ نهایی جانشینی فنی. این کشش، حساسیت فرآیند تولید (تکنولوژی تولید) را درازای تغییر نسبت نهاده‌ها نشان می‌دهد. در تابع CES ثابت می‌شود که کشش جانشینی برابر $\sigma = 1/\rho$ است.

حالت اول: اگر $\rho \rightarrow \infty$ آنگاه $\sigma \rightarrow 0$ خواهد بود که در این حالت به تابع لئون-تیف تبدیل می‌شود.

حالت دوم: اگر $\rho \rightarrow \infty$ آنگاه $\sigma = 1$ خواهد بود که در این حالت، به تابع کاب-داگلاس تبدیل می‌شود.

حالت سوم: اگر $\rho \rightarrow -1$ آنگاه $\sigma \rightarrow \infty$ خواهد بود که تابع به تابع تولید خطی تبدیل خواهد شد که از ویژگی‌های آن ثابت بودن نرخ نهایی جانشینی فنی (MRTS) می‌باشد و فرم ریاضی آن به صورت روبه‌رو خواهد بود.

$$Y = A\beta X_1 + A(1 - \beta)X_2$$

۲-۴- تابع ترانسلاگ^۱

تابع ترانسلاگ از اشکال انعطاف‌پذیر و غیرخطی تابع تولید و هزینه است که برای تخمین مستقیم تابع تولید و هزینه به کار می‌رود. این تابع توسط کریستنسن و دیگران^۲ ارائه گردید که استفاده از این تابع به پژوهشگران اجازه می‌دهد که آزمایشات مربوط به تئوری تولید را انجام داده و کشش‌ها و سایر پارامترهای تولید را تحت یک سری حداقل مفروضات اولیه تخمین بزنند. مباحثات چندی در خصوص میزان دقت تخمین‌های ترانسلاگ از پارامترهای تولید وجود داشته است. از آنجایی که تابع ترانسلاگ تنها یک تقریب از یک تکنولوژی ناشناخته تولید است؛ اما کریستنسن و همکاران^۳ تابع ترانسلاگ را به واسطه شباهت آن به سری مرتبه دوم تیلور توجیه کردند.

فرم خطی تابع به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$\ln Y = \ln A + \sum_{i=1}^n a_i \ln x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} \ln x_i \ln x_j$$

اگر در این تابع $b_{ij} = 0$ باشد به تابع کاب-داگلاس می‌رسیم. برخی مزیت‌های تابع تولید ترانسلاگ عبارت‌اند از:

الف- تابع از نقطه‌نظر وابستگی تولیدات نهایی و کشش‌های تولید هر نهاده به مقدار مصرف نهاده‌های دیگر انعطاف‌پذیر است، یعنی برخلاف تابع کاب-داگلاس کشش تولید هر نهاده در مقادیر مختلف تولید (در طول تابع تولید) متغیر است.

1. Tronslog Function

2. Christensen, L. R., D. W. Jorgenson, and L. J. Lau (1973). "Transcendental Logarithmic Production Frontiers" Review of Economics and Statistics, Vol. 55, pp. 28-45.

3. Ibid.

ب- این تابع هر سه مرحله تولید (نئوکلاسیک‌ها) را نشان می‌دهد.

ج- کشش جانشینی عوامل تولید در طول منحنی تولید همسان متغیر است.^۱

با این حال استفاده از تابع ترانسلاگ در تخمین تابع تولید و هزینه دارای مزایایی است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- امکان تغییر کشش و مقیاس همراه با تغییر محصول و عوامل تولید متناسب با آن را فراهم می‌کند.
- تابع تقاضای عوامل تولید از شیب منفی برخوردار است.
- اثرات قیمتی متقاطع، متقاطع می‌باشد.
- تغییرات هزینه نهایی و قیمت عوامل تولید برابر با تغییرات در تقاضای عوامل تولید هستند.
- مجموع کشش قیمتی کالا و کشش قیمتی متقاطع، برابر صفر می‌باشد.
- افزایش در هزینه‌ها با یک نسبت مشخص می‌تواند به افزایش قیمت (هزینه) به همان میزان بینجامد و در نهایت میزان تولید را ثابت نگه دارد.

فرم ریاضی تابع ترانسلاگ در حالت دو نهاده‌ای تولید به صورت زیر است.

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln L + \beta_2 \ln K + \frac{1}{\rho} \beta_3 (\ln L)^\rho + \frac{1}{\rho} \beta_4 (\ln K)^\rho + \beta_5 (\ln L)(\ln K)$$

که در آن β_0 تا β_5 پارامترهای نامشخص می‌باشد که پس از تخمین تابع، مقدار عددی آن به دست می‌آیند. Y تولید، L تعداد نیروی کار، K میزان سرمایه می‌باشند.

۱. این تابع با محدودیت‌هایی نیز مواجه است که عبارت‌اند از: افزایش تعداد پارامترهای تخمینی و بروز هم خطی بین حاصل ضرب‌های تقاطعی که البته روش‌هایی نیز برای رفع این محدودیت‌ها از سوی متخصصین ارائه شده است.

۳- ملاحظات در مورد داده‌ها و روش تخمین

در این مطالعه از داده‌های کارگاه‌های بزرگ صنعتی ده نفر کارکن به بالا مرکز آمار ایران، طبقه‌بندی شده بر اساس ویرایش چهارم سیستم طبقه‌بندی ISIC استفاده شده است. تعریف متغیرها و نحوه محاسبه متغیر وابسته و متغیرهای مستقل توابع تولید به شرح زیر است:

تولید یا ارزش افزوده (VA): عبارت است از ستاده‌های صنعتی منهای داده‌های صنعتی.

تعداد نیروی کار یا تعداد شاغلین (L): عبارت است از مجموع افرادی که در بخش صنعت با مزد و بدون مزد مشغول به فعالیت هستند و از مجموع شاغلان تولیدی و غیرتولیدی به دست می‌آید.

موجودی سرمایه (K): برای موجودی سرمایه، از پژوهش انجام شده توسط خسروی نژاد^۱ (۱۴۰۲) استفاده شده است.

هزینه انرژی مصرف‌شده (E): عبارت است از مجموع ارزش پولی هزینه شده بر روی کلیه حامل‌های انرژی به میلیون ریال.

قابل ذکر است که برای تبدیل متغیرهای ارزش افزوده، موجودی سرمایه و هزینه حامل‌های انرژی از ارزش‌های جاری به ارزش‌های حقیقی از شاخص قیمت‌های متناسب استفاده شده است.

برای تخمین پارامترهای توابع تولید مرزی تصادفی از روش حداکثر درست‌نمایی و نرم‌افزار فرانتیر استفاده شده است.^۲ این برنامه یک رویه سه مرحله‌ای را در تخمین پارامترهای توابع مرزی تصادفی به روش تخمین حداکثر درست‌نمایی به کار می‌گیرد که عبارت‌اند از:

۱- ابتدا تخمین تابع به روش حداقل مربعات معمولی به دست می‌آید که در آن تمامی برآوردهای β به استثنای عرض از مبدأ نااریب خواهند بود.

۱. خسروی نژاد، علی اکبر (۱۴۰۲). برآورد و تحلیل روند موجودی سرمایه در صنایع کارخانه‌ای ایران، مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری.
۲. برای برآورد روش حداکثر درست‌نمایی، از نرم‌افزار کامپیوتری Frontier v۴.۱ توسط تیم کولی (Tim Coeli) ۲ از دانشگاه نیوانگلند (New England) تهیه شده است، استفاده گردید. این برنامه قابلیت تطبیق با داده‌های مقطعی، تلفیقی، کارایی متغیر و غیر متغیر در طول زمان، توابع هزینه و تولید، توزیع‌های منقطع و نیمه نرمال و فرم‌های تبعی که در آن متغیرهای وابسته به صورت فرم اصلی یا لگاریتمی ظاهر شده‌اند را دارد.

۲- یک جستجوی دومرحله‌ای برای γ یعنی $\{\gamma = \sigma_u^2 / \sigma_u^2 + \sigma_v^2\}$ انجام می‌گیرد؛ بنابراین تقریب اولیه γ با دو رقم اعشار به دست می‌آید و سپس پارامترهای β به استثنای β_0 (عرض از مبدأ) در مقادیر حداقل مربعات معمولی قرار گرفته و پارامترهای β_0 و σ^2 بر اساس روش حداقل مربعات تصحیح‌شده، تعدیل می‌گردند.

۳- مقادیر انتخاب‌شده در جستجوی نقطه‌ای به عنوان تقریب‌های اولیه در یک فرایند تکرارپذیر، برای به دست آوردن تخمین‌های نهایی حداکثر درست‌نمایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از ویژگی‌های الگوریتم این است که در مسائل بهینه‌یابی از تقریب معکوس ماتریس هشین استفاده می‌کند، زیرا که برخی از موارد ارزیابی و معکوس کردن ماتریس هشین به سادگی امکان‌پذیر نیست، پس این روش در مسائل اقتصادسنجی بسیار مناسب به نظر می‌رسد.

۴- برآورد تابع تولید

این بخش شامل سه قسمت است که به برآورد و آزمون مدل مناسب تحقیق می‌پردازد. در قسمت اول به انتخاب تابع تولید با دو نهاد و یا سه نهاد بر اساس آزمون پرداخته می‌شود. قسمت دوم فرم تابعی تابع تولید از میان دو گزینه تابع ماب- داگلاس و ترانسلاگ مورد آزمون قرار می‌گیرد. در قسمت سوم، آزمون ساختار جمله تصادفی ناکارایی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴-۱- تابع تولید دو نهاده‌ای یا سه نهاده‌ای

سؤال پیش رو در این قسمت آن است که:

سؤال: آیا تابع تولید را با دو نهاد نیروی کار و سرمایه در نظر بگیریم یا در حالت سه نهاده‌ای نیروی کار، سرمایه و انرژی؟

برای پاسخ به این پرسش، با مبنا قرار دادن تابع تولید کاب- داگلاس یعنی معادله (۴)، لازم است یکبار این تابع در حالت دو نهاد و یکبار در حالت سه نهاد برازش شود. تابع تولید کاب- داگلاس در حالت تصادفی برای برازش اقتصادسنجی به صورت زیر است:

$$\ln Q_{it} = \beta_0 + \beta_L \ln L_{it} + \beta_K \ln K_{it} + v_{it} \quad i = 1, 2, \dots, 24 \quad t = 1381, \dots, 1398 \quad (6)$$

$$\ln Q_{it} = \beta_0 + \beta_L \ln L_{it} + \beta_K \ln K_{it} + \beta_E \ln E_{it} + v_{it} \quad i = 1, 2, \dots, 24 \quad t = 1381, \dots, 1398 \quad (7)$$

معادله (۶) برای حالت دو نهاده‌ای و معادله (۷) برای حالت سه نهاده‌ای می‌باشد. متغیرهای وارد شده در این معادلات عبارت‌اند از:

$\ln Q_{it}$ = لگاریتم میزان تولید (ارزش افزوده) صنعت i ام در سال t ام به میلیون ریال به قیمت‌های ثابت ۱۳۹۵.

$\ln L_{it}$ = لگاریتم نیروی کار یا تعداد شاغلین به نفر صنعت i ام در سال t ام.

$\ln K_{it}$ = لگاریتم موجودی سرمایه صنعت i ام در سال t ام به میلیون ریال به قیمت‌های ثابت ۱۳۹۰.

$\ln E_{it}$ = لگاریتم سرجمع هزینه‌های انجام‌شده بر روی نهاده‌های انرژی صنعت i ام در سال t ام به میلیون ریال به قیمت‌های ثابت ۱۳۹۵.

v_{it} = متغیر تصادفی جمله اختلال با توزیع نرمال برای صنعت i ام در سال t ام.

β ها پارامترهای مورد برآورد بوده به‌گونه‌ای که β_L کشش تولیدی نهاد نیروی کار، β_K کشش تولیدی نهاد عامل سرمایه و β_E کشش تولیدی عامل انرژی می‌باشند.

توجه به این نکته ضروری است که برای تبدیل ارزش‌های جاری به ارزش‌های حقیقی از شاخص قیمت‌ها استفاده شده است. برای مقدار تولید یا ارزش افزوده (Q) و سرجمع هزینه‌های انرژی (E) از شاخص بهای تولیدکننده ساخت (صنعت) بانک مرکزی و برای موجودی سرمایه (K) از نسبت موجودی سرمایه به قیمت‌های جاری به موجودی سرمایه به قیمت ثابت ۱۳۹۰ استفاده شده است. این نسبت از داده‌های برآورد بانک مرکزی از موجودی سرمایه خالص به قیمت‌های جاری و ثابت در سطح صنعت به دست آمده است.

نتایج برآورد مدل به ترتیب در جدول‌های (۲) و (۳) آمده است.

جدول ۲: برآورد حداکثر درست‌نمایی پارامترهای تابع تولید کاب- داگلاس دو نهاده‌ای برای صنایع کدهای دورقمی

آماره t	انحراف معیار	تخمین	متغیر	پارامترها
۳۸۱۷	۰.۹۹۹	۳.۸۱۲	عرض از مبدأ	β_0
۲.۷۷۴	۰.۲۴۵	۰.۶۷۸	$\ln L$	β_1
۳.۳۲۹	۰.۱۳۷	۰.۴۵۵	$\ln K$	β_2
۰.۵۸۵	۰.۷۰۰	۰.۴۱۰	σ^2	σ^2
-۱۴۳.۹۱۹		لگاریتم تابع درست‌نمایی		
۲۲۹.۸۷۶		مقدار آماره نسبت درست‌نمایی		
		LR		

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳: برآورد حداکثر درست‌نمایی پارامترهای تابع تولید کاب- داگلاس سه نهاده‌ای برای صنایع کدهای دورقمی

آماره t	انحراف معیار	تخمین	متغیر	پارامترها
۸.۸۲	۰.۷۴	۶.۵۳	عرض از مبدأ	β_0
۱۰.۵۹	۰.۰۷	۰.۷۰	$\ln L$	β_1
۶.۵۹	۰.۰۴	۰.۲۷	$\ln K$	β_2
۲.۰۴	۰.۰۲	۰.۰۴	$\ln E$	β_3
۷.۷۰	۰.۰۴	۰.۲۸	σ^2	σ^2
-۱۰۴.۳۵		لگاریتم تابع درست‌نمایی		
۲۷۴.۲۳		مقدار آماره نسبت درست‌نمایی		
		LR		

مأخذ: یافته‌های تحقیق

پس از برآورد تابع تولید در دو حالت دو نهادهای و سه نهادهای به سراغ آزمون این دو مدل نسبت به هم می‌رویم، یعنی کدام مدل نسبت به دیگری ارجح است. از آنجاکه روش تخمین مدل‌ها، روش حداکثر درستنمایی است؛ بنابراین آزمون مقتضی در گروه آزمون‌های جانبی است که در ادبیات اقتصادسنجی، آزمون نسبت درستنمایی (LR) می‌باشد. صورت کلی آماره این آزمون به شکل زیر است:

$$LR = -2 \{ \ln [L(H_0) / L(H_1)] \} = -2 \{ \ln [L(H_0) - L(H_1)] \} = -2 [\ln L_0 - \ln L_1] \sim \chi^2(q) \quad (8)$$

در رابطه (۸)، $\ln L(H_0)$ و $\ln L(H_1)$ به ترتیب مقادیر تابع درستنمایی تحت فرضیه صفر (H_0) و فرضیه مقابل (H_1) هستند که همان $\ln L_0$ و $\ln L_1$ می‌باشند. آماره LR دارای توزیع جانبی چی-دو با درجه آزادی q است. فرضیه صفر و مقابل به صورت زیر می‌باشد:

فرضیه صفر: تابع کاب-داگلاس در حالت دو نهادهای مدل صحیح است.

فرضیه مقابل: تابع کاب-داگلاس در حالت دو نهادهای مدل صحیح نیست یا مدل سه نهادهای صحیح است.

ترجمه فرضیه صفر و مقابل بالا به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} H_0 : \beta_p &= 0 \\ H_1 : \beta_p &\neq 0 \end{aligned} \quad (9)$$

مقادیر محاسبه شده حداکثر درستنمایی و آماره آزمون نسبت درستنمایی در جدول (۴) آمده است.

جدول ۴: آزمون مدل کاب-داگلاس دو نهادهای در مقابل سه نهادهای

نتیجه	مقدار بحرانی جدول	مقدار آماره	فرضیه	مقدار $\ln L$ تابع کاب-داگلاس
مدل سه نهادهای مدل صحیح است.	$\chi^2_{0.05}(1) = 3.84$	$LR_{df=1} = 79.14$	$H_0 : \beta_p = 0$	دو نهادهای $\ln L_0 = -143.92$
			$H_1 : \beta_p \neq 0$	سه نهادهای $\ln L_1 = -104.35$

مآخذ: یافته‌های پژوهش و جدول‌های (۲) و (۳)

همان‌گونه که در جدول (۴) ملاحظه می‌شود، مقدار آماره آزمون نسبت درستنمایی (۷۹،۱۴) از مقدار بحرانی جدول چی-دو در سطح ۵ درصد (۳،۸۴) بزرگ‌تر می‌باشد، پس فرضیه صفر تابع کاب-داگلاس در حالت دو

نهادهای مدل صحیح است که رد شده و فرضیه مقابل تابع کاب- داگلاس در حالت سه نهاده‌ای پذیرفته می‌شود.

۴-۲- فرم تابعی مناسب تابع تولید

این قسمت از تحقیق به شناسایی فرم مناسب تابع تولید صنایع کارخانه‌ای اختصاص یافته است. برای این منظور باید به پرسش زیر پاسخ داده شود.

سؤال: فرم تابعی مناسب برای تابع تولید کدام است؟ تابع تولید کاب- داگلاس یا تابع تولید ترانسلوگ؟

برای پاسخ به این پرسش، با توجه به اینکه در قسمت قبل تابع تولید سه نهاده‌ای مورد پذیرش قرار گرفت، لازم است تابع کاب- داگلاس در حالت سه نهاده و تابع ترانسلوگ نیز در حالت سه نهاده برازش شود. تابع تولید کاب- داگلاس سه نهاده‌ای در قسمت قبل برازش شده و نتایج آن در جدول (۳) درج گردید. حال لازم است که به برازش تابع ترانسلوگ سه نهاده‌ای بپردازیم. تابع تولید ترانسلوگ سه نهاده‌ای در حالت تصادفی برای برازش اقتصادسنجی به صورت زیر است:

$$\ln Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln L_{it} + \beta_2 \ln K_{it} + \beta_3 \ln E_{it} + \frac{1}{2} \beta_4 (\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_5 (\ln K_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_6 (\ln E_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_7 (\ln L_{it})(\ln K_{it}) + \frac{1}{2} \beta_8 (\ln L_{it})(\ln E_{it}) + \frac{1}{2} \beta_9 (\ln K_{it})(\ln E_{it}) + u_{it} \quad (10)$$

$$i = 1, 2, \dots, 24 \quad t = 1381, \dots, 1398$$

که در آن: Q_{it} = مقدار تولید یا ارزش افزوده (میلیون ریال) صنعت i ام در زمان t به قیمت‌های ثابت ۱۳۹۵

L_{it} = تعداد نیروی کار (نفر) صنعت i ام در زمان t .

K_{it} = میزان سرمایه (میلیون ریال) صنعت i ام در زمان t به قیمت‌های ثابت ۱۳۹۰.

E_{it} = سرجمع هزینه‌های حامل‌های انرژی (میلیون ریال) صنعت i ام در سال t ام به قیمت‌های ثابت ۱۳۹۵.

u_{it} = جمله اختلال صنعت i ام در زمان t .

توضیحات تبدیل ارزش‌های جاری به ارزش‌های حقیقی همانند قبل است. نتایج برآورد مدل (۱۰) با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی در جدول (۵) آمده است.

جدول ۵: برآورد حداکثر درست‌نمایی پارامترهای تابع تولید ترانسلاگ سه نهاده‌ای برای صنایع کدهای دورقمی

آماره ش	انحراف معیار	تخمین	توضیح	پارامترها
۶.۷۱۴	۱.۰۱۸	۶.۸۳۷	عرض از مبدأ	β_0
۳.۱۱۷	۰.۶۰۹	۱.۸۹۹	$\ln L$	β_1
-۱.۶۹۳	۰.۴۶۵	-۰.۷۸۷	$\ln K$	β_2
۱.۱۶۳	۰.۲۲۱	۰.۲۵۷	$\ln E$	β_3
-۰.۰۶۷	۰.۰۶۷	-۰.۰۰۵	$(\ln L)^\gamma$	β_4
۰.۵۳۱	۰.۰۳۰	۰.۰۱۶	$(\ln K)^\gamma$	β_5
-۱.۰۹۳	۰.۰۰۹	-۰.۰۱۰	$(\ln E)^\gamma$	β_6
-۰.۲۶۸	۰.۰۵۹	-۰.۰۱۶	$(\ln L)(\ln K)$	β_7
-۲.۰۲۳	۰.۰۳۸	-۰.۰۷۶	$(\ln L)(\ln E)$	β_8
۱.۷۱۸	۰.۰۳۴	۰.۰۵۸	$(\ln K)(\ln E)$	β_9
۶.۱۳۱	۰.۰۳۶	۰.۲۲۱	σ^2	σ^2
-۱۰۰.۴۳۱		لگاریتم تابع درست‌نمایی		
۱۹۹.۵۲۱		مقدار آماره نسبت درست‌نمایی		
		$\ln L$		
		LR		

مأخذ: یافته‌های تحقیق

اکنون پس از برآورد تابع تولید در دو حالت دو نهاده‌ای و سه نهاده‌ای به سراغ آزمون این دو مدل نسبت به هم می‌رویم، یعنی کدام مدل نسبت به دیگری مرجح است. برای آزمون از آماره LR در رابطه (۸) استفاده می‌کنیم.

فرضیه صفر و مقابل به صورت زیر است:

فرضیه صفر: تابع کاب-داگلاس در حالت سه نهاده‌ای مدل صحیح است.

فرضیه مقابل: تابع کاب-داگلاس در حالت سه نهاده‌ای مدل صحیح نیست یا مدل صحیح تابع ترانسلوگ سه نهاده‌ای است.

ترجمه فرضیه صفر و مقابل بالا به صورت زیر است:

$$\begin{aligned}
 H_0 : \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = \beta_9 = 0 \\
 H_1 : \beta_4 \neq \beta_5 \neq \beta_6 \neq \beta_7 \neq \beta_8 \neq \beta_9 \neq 0
 \end{aligned}
 \quad (11)$$

با توجه به رابطه (۱۱) و تفاوت تعداد پارامترهای تابع ترانسلوگ نسبت به تابع کاب-داگلاس که برابر ۶ پارامتر می‌باشد؛ بنابراین درجه آزادی توزیع چی-دو برابر ۶ خواهد بود. مقادیر محاسبه‌شده حداکثر درست‌نمایی و آماره آزمون نسبت درست‌نمایی در جدول (۶) آمده است.

جدول ۶: آزمون مدل کاب-داگلاس در مقابل مدل ترانسلوگ

نتیجه	مقدار بحرانی جدول	مقدار آماره	فرضیه	مقدار $\ln L$ تابع سه نهاده‌ای
تابع کاب-داگلاس مدل صحیح است.	$\chi^2_{0.05}(6) = 12.592$	$LR_{df=6} = 7.84$	$H_0: \beta_1 = \dots = \beta_6 = 0$	کاب-داگلاس $\ln L_0 = -143.92$
			$H_1: \beta_1 \neq \dots \neq \beta_6 \neq 0$	ترانسلوگ $\ln L_1 = -104.35$

مأخذ: یافته‌های پژوهش و جدول‌های (۳) و (۵)

همان‌گونه که در جدول (۶) ملاحظه می‌شود، مقدار آماره آزمون نسبت درست‌نمایی (۷,۸۴) از مقدار بحرانی جدول چی-دو در سطح ۵ درصد (۱۲,۵۹۲) کوچک‌تر بوده است، پس فرضیه صفر تابع کاب-داگلاس مدل صحیح می‌باشد که رد نشده و مدل صحیح تابع کاب-داگلاس در حالت سه نهاده‌ای است.

۳-۴- ساختار جمله کارایی فنی

بر اساس مطالعه باتسی و کولی (۱۹۹۲) که در بخش دوم این گزارش طی معادله (۲) تشریح شد، تابع تولید مرزی تصادفی برای داده‌های پانل کدهای دورقمی آیسیک صنایع کارخانه‌ای ایران به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\ln Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln L_{it} + \beta_2 \ln K_{it} + \beta_3 \ln E_{it} + \varepsilon_{it} \quad i = 1, 2, \dots, 24 \quad t = 1381, \dots, 1398 \quad (12)$$

که در آن:

Q_{it} = مقدار تولید یا ارزش افزوده (میلیون ریال) صنعت i ام در زمان t به قیمت‌های ثابت ۱۳۹۵.

L_{it} = تعداد نیروی کار (نفر) صنعت i ام در زمان t .

K_{it} = میزان سرمایه (میلیون ریال) صنعت i ام در زمان t به قیمت‌های ثابت ۱۳۹۰.

E_{it} = سرجمع هزینه‌های حامل‌های انرژی (میلیون ریال) صنعت i ام در سال t ام به قیمت‌های ثابت ۱۳۹۵.

ε_{it} = متغیر تصادفی جمله خطای مرکب صنعت i ام در زمان t .

توضیحات تبدیل ارزش‌های جاری به ارزش‌های حقیقی همانند قبل است.

مدل مرزی تصادفی که با معادله (۱۲) تعریف شده شامل چهار پارامتر β و چهار پارامتر اضافی مرتبط به توزیع متغیرهای تصادفی V_{it} و U_{it} است. این چهار پارامتر اخیر شامل دو پارامتر میانگین μ و واریانس σ_v^2 جمله اختلال V_{it} و دو پارامتر میانگین و واریانس متغیر تصادفی جزء ناکارایی صنایع U_{it} می‌باشند که ساختار و ویژگی‌های این دو متغیر تصادفی را بیان می‌کنند.

متغیر تصادفی جمله خطا (ε_{it}) در تابع تولید (۱۲)، اصطلاحاً جمله خطای مرکب^۱ گویند، چراکه از دو جز به صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$\varepsilon_{it} = V_{it} - U_{it} \quad (۱۳)$$

که:

$$U_{it} = \eta_{it} U_i = \{\exp[-\eta(t-T)]\} U_i \quad (۱۴)$$

است.

عبارت اول، V_{it} ، یک خطای تصادفی با میانگین صفر است که فرض می‌شود خطای موجود در مدل رگرسیون خطی سنتی را شامل می‌شود. عبارت دوم، U_{it} ، یک متغیر تصادفی غیرمنفی است که فرض می‌شود وجود ناکارایی فنی تولید آموین بنگاه را در دوره t ام محاسبه می‌کند. تفریق متغیر تصادفی غیر منفی، U_{it} از خطای تصادفی، V_{it} به این معنی است که لگاریتم تولید کوچک‌تر از آن است اگر ناکارآمدی فنی وجود نداشت.

رفتار اثرات غیرمنفی بنگاه طی زمان متغیر، یعنی U_{it} تعریف شده توسط معادله (۱۴)، همانی است که توسط باتسی و کولی (۱۹۹۲) تعریف شده است. این مدل نشان می‌دهد که اگر پارامتر η مثبت باشد، اثرات غیرمنفی آموین بنگاه یعنی U_{it} ، به‌طور تصاعدی به مقدار حداقل خود یعنی U_i در آخرین دوره T ، از پانل کاهش می‌یابد. در این حالت بنگاه‌ها کارایی فنی تولید خود را در طول زمان افزایش می‌دهند. اگر η صفر باشد، اثرات بنگاه مرتبط با ناکارایی فنی تولید در طول زمان ثابت خواهد بود، یعنی بنگاه‌ها هرگز کارایی فنی خود را بهبود نمی‌دهند. بدیهی است که در مطالعه ناکارایی فنی تولید، برآورد پارامتر η و آزمون این فرضیه که مقدار واقعی آن صفر می‌باشد، مورد توجه اساسی است.

در این مرحله از تحقیق سه سؤال پیش می‌آید که ما هر یک از پرسش‌ها را به ترتیب مطرح کرده و سپس با نگارش فرضیه مرتبط و آزمون آن سعی می‌شود به آن پاسخ دهیم.

سؤال اول و آزمون فرضیه برای آن

۱- آیا تابع تولید مورد برازش فقط دربرگیرنده جزء خطای اقتصادسنجی (V_{it}) است یا جزء خطای ناکارایی (U_{it}) را نیز در برمی‌گیرد؟

برای پاسخ به سؤال اول فرضیه صفر و مقابل به صورت زیر است:

فرضیه صفر: تابع تولید فاقد جزء خطای مربوط به ناکارایی فنی است.

فرضیه مقابل: تابع تولید دارای جزء خطای مربوط به ناکارایی فنی می‌باشد.

ترجمه فرضیه صفر و مقابل بالا به صورت زیر است:

$$H_0 : \gamma = \mu = \eta = 0$$

$$H_1 : \gamma \neq \mu \neq \eta \neq 0$$

چنانچه فرضیه صفر رد نشود، صنایع مختلف جزء خطایی نداشته و همگی بر روی منحنی مرزی امکانات تولید قرار دارند. از این‌رو همه این صنایع کارآمد هستند. رد فرضیه صفر به معنی وجود جمله خطای تصادفی برای کارایی صنایع مختلف است که ما را به سؤالات بعدی راهنمایی می‌کند.

برای آزمون فرضیه ما یک مدل نامقید شماره ۱ (Model1) و یک مدل مقید شماره ۲ (Model2) داریم.

در مدل ۱، اثرات صنایع U_{it} دارای ساختاری است که طی زمان متغیر بوده و η یک پارامتر مجهول مخالف صفر فرض می‌شود. همچنین U_i ها دارای توزیع نرمال منقطع و غیر منفی هستند؛ یعنی $u_i \sim N(\mu, \sigma^2)$ می‌باشد. در مدل ۲، فرض می‌شود که جمله خطای ناکارایی فنی وجود نداشته و صنایع از نظر فنی کاملاً کارآمد عمل می‌کنند. همچنین مدل سومی در نظر گرفته شده که برای آزمون فرضیه بعدی برآورد آن لازم است. در مدل ۳، فرض می‌شود که کارایی فنی صنایع طی زمان ثابت است؛ یعنی پارامتر η وجود صفر است. نتایج برازش این سه مدل در جدول (۷) آمده است.

جدول ۷: برآورد حداکثر درست‌نمایی پارامترهای سه مدل تولید مرزی تصادفی ترانسلاگ سه نهاده‌ای برای صنایع

متغیرها	پارامترها	Model 1	Model 2	Model 3
constat	β_0	۳.۷۶۴ (۰.۵۵۳)	۲.۰۰ (۰.۲۱۴)	۰.۷۶۹ (۰.۰۴۷)
$\ln L$	β_1	۰.۴۵۳ (۰.۰۶۷)	-۰.۱۰۲ (۰.۰۳۳)	۰.۱۰۰ (۰.۰۷۰)
$\ln K$	β_2	۰.۵۳۵ (۰.۰۳۳)	۰.۸۶۹ (۰.۰۲۹)	۰.۸۸۶ (۰.۰۲۵)
$\ln E$	β_3	۰.۰۶۹ (۰.۰۲۳)	۰.۱۲۶ (۰.۰۲۲)	۰.۰۹۰ (۰.۰۲۳)
$\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$		۰.۲۲۶ (۰.۰۲۸)	۰.۱۸۰	۰.۲۲۶ (۰.۰۴۸)
$\gamma = \sigma_u^2 / \sigma_s^2$		۰.۶۶۷ (۰.۰۳۵)	.	۰.۴۹۵ (۰.۰۷۵)
μ		۰.۷۷۷ (۰.۱۰۵)	.	۰.۶۶۹ (۰.۱۷۳)
η		۰.۰۴۰ (۰.۰۰۵)	.	.
$\ln L$ لگاریتم تابع درست‌نمایی		-۱۲۸.۷۱۵	-۲۴۰.۹۳۷	-۱۷۷.۲۸۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مقادیر محاسبه شده حداکثر درست‌نمایی و آماره آزمون نسبت درست‌نمایی در جدول (۸) آمده است. بر اساس نتایج جدول (۸) مقدار آماره $LR = 224.45$ به دست آمده که از مقدار بحرانی جدول چی - دو در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ یعنی $\chi^2_{0.05} = 7.815$ بزرگ‌تر است؛ بنابراین فرضیه صفر رد شده و می‌پذیریم که تابع تولید صنایع حاوی جزء خطای ناکارایی است.

جدول ۸: آزمون فرضیه پارامترهای توزیع اثرات صنعت U_{it}

نتیجه	مقدار بحرانی ۵٪ جدول $\chi^2_{0.05}$	درجه آزادی	مقدار آماره LR	فرضیه صفر	مدل‌ها	
					مقید	نامقید
رد فرضیه صفر	۷.۸۱۵	۳	۲۲۴.۴۵	$\gamma = \mu = \eta = 0$	M 2	M 1

مأخذ: یافته‌های پژوهش

سؤال دوم و آزمون فرضیه برای آن

۲- این جزء خطای ناکارایی، اثرات ناکارایی صنایع مختلف طی زمان ثابت (U_i) می‌باشد یا طی زمان متغیر (U_{it}) است؟ یا به عبارت بهتر، آیا کارایی صنایع در طی زمان متغیر است یا این کارایی طی زمان تغییر نکرده و ثابت می‌باشد.

برای پاسخ به سؤال دوم فرضیه صفر و مقابل به صورت زیر است:

فرضیه صفر: کارایی صنایع طی زمان ثابت است.

فرضیه مقابل: کارایی صنایع طی زمان ثابت نیست.

ترجمه فرضیه صفر و مقابل بالا به صورت زیر است:

$$H_0: \eta = 0$$

$$H_1: \eta \neq 0$$

چنانچه فرضیه صفر رد نشود، کارایی صنایع مختلف طی زمان ثابت بوده و ما با یک بردار کارایی فنی (شامل ۲۴ صنعت) برای کل دوره مواجه هستیم. رد فرضیه صفر به معنی آن است که کارایی صنایع مختلف طی زمان متفاوت بوده و ما برای هر یک از صنایع ۲۴ گانه یک بردار از میزان کارایی فنی طی زمان داریم.

برای آزمون فرضیه ما یک مدل نامقید شماره ۱ (Model 1) و یک مدل مقید شماره ۳ (Model 3) داریم.

مدل نامقید در اینجا همان مدل ۱ که قبلاً معرفی شده بود. در مدل مقید شماره ۳، فرض می‌شود که کارایی فنی صنایع طی زمان ثابت است؛ یعنی پارامتر η وجود صفر است.

نتایج برازش این دو مدل در جدول (۷) و آماره آزمون آن در جدول (۹) آمده است. بر اساس نتایج جدول (۹) مقدار آماره $LR = 97.14$ به دست آمده که از مقدار بحرانی جدول چپ - دو در سطح اطمینان ۹۵ درصد، یعنی $\chi^2_{0.05} = 3.84$ بزرگ‌تر است؛ بنابراین فرضیه صفر رد شده و می‌پذیریم که کارایی صنایع مختلف طی زمان تغییر می‌کند.

جدول ۹: آزمون فرضیه پارامترهای توزیع اثرات صنعت U_{it}

نتیجه	مقدار بحرانی ۵٪ جدول $\chi^2_{0.05}$	درجه آزادی	مقدار آماره LR	فرضیه صفر	مدل‌ها	
					مقید	نامقید
رد فرضیه صفر	۳,۸۴۱	۱	۹۷,۱۴	$\eta = 0$	M 3	M 1

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۵- کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای ایران

نتایج قسمت قبل ما را به مدل نهایی شماره ۱ برای برآورد و محاسبه کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای رهنمون ساخت. نتایج برازش این مدل در ستون اول جدول (۷) و آزمون برتری این مدل نسبت به دو مدل رقیب دیگر در جدول‌های (۸) و (۹) در قسمت قبل ارائه و به‌طور مفصل تشریح شد.

با توجه به غیر صفر بودن ضریب ۷۷ در معادله مذکور، برای هر صنعت ما شاهد یک بردار مقادیر کارایی فنی هستیم که سطرهای این بردار ستونی همان سال‌های مورد مطالعه ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ می‌باشد. چنانچه این ۲۴ صنایع کارخانه‌ای را کنار هم قرار دهیم با یک ماتریس ۱۸×۲۴ مواجهیم که ۱۸ تعداد سطرها یا همان سال‌های مورد مطالعه و عدد ۲۴ تعداد ستون‌ها یا صنایع ۲۴ گانه کد دورقمی آیسیک می‌باشد. ارائه نتایج چنین گسترده در قالب یک یا چند جدول کار سختی به نظر می‌رسد. سختی کار از آن نظر که نگارش متن و ارائه نتایج بتواند برای خواننده درک صحیح همراه با انگیزه دنبال کردن نتایج به ارمغان آورد. برای درک بهتر خواننده و ارتباط هر چه بیشتر متن با وی، اساس نتایج را در سه قالب ارائه خواهیم کرد. ابتدا آماره‌های توصیفی نتایج ارائه خواهد شد. سپس میانگین کارایی فنی کل دوره و سال ۱۳۹۸ برای صنایع ۲۴ گانه و به دنبال روند حرکت کارایی فنی برای هر یک از صنایع طی دوره در قالب نمودارهای روند زمانی و در نهایت کل نتایج به صورت جدول ارائه خواهد شد.

۵-۱- آماره‌های توصیفی کارایی فنی

آماره‌های توصیفی کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای ۲۴ گانه برای حسب کدهای دورقمی آیسیک در جدول‌های ۱۰ تا ۱۲ ارائه شده است. علت استفاده از سه جدول به جای یک جدول، فشردگی شدن نتایج در قالب یک جدول و محدودیت اندازه صفحه بوده است.

جدول (۱۰) آماره‌های توصیفی کارایی فنی صنایع با کد آیسیک ۱۰ تا ۱۷ را ارائه می‌کند، برای امکان مقایسه میانگین کارایی فنی برای کل صنایع در ستون آخر جدول درج شده است. چنانچه بخواهیم این هشت صنعت را بر اساس میانگین کارایی فنی در کل دوره مورد بررسی قرار دهیم، ملاحظه خواهیم کرد که بیشترین میانگین برای صنعت «فرآورده‌های توتون و تنباکو» که برابر ۲۹ درصد است. کمترین میانگین متعلق به صنعت «تولید منسوجات» می‌باشد که رقم ۱۳ درصد را نشان می‌دهد. کارایی فنی صنعت توتون و تنباکو از میانگین کارایی فنی کل صنایع بزرگ‌تر می‌باشد؛ اما کارایی فنی صنعت منسوجات با فاصله زیادی از میانگین کل صنایع کوچک‌تر است. این کارایی فنی را می‌توان بر اساس آماره‌های حداکثر و حداقل مورد توجه قرار داد که همانند قبل صنعت توتون و تنباکو با حداکثر ۴۱ درصد و صنعت منسوجات با حداقل ۵ درصد رتبه‌های اول و آخر را در بین این هشت صنعت دارند. ضریب چولگی مثبت برای تمامی هشت صنعت به معنی چوله به راست

بودن (بزرگ‌تر بودن میانگین از میانه) توزیع آن‌ها است. چنانچه بخواهیم این هشت صنعت را از نظر نوسانات کارایی فنی مورد توجه قرار دهیم، به لحاظ متفاوت بودن میانگین آن‌ها بهتر است از معیار ضریب پراکندگی که نسبت انحراف معیار به میانگین است $\left(\frac{S_x}{\bar{X}}\right)$ ، استفاده کنیم. بیشترین نوسانات کارایی فنی از منظر ضریب پراکندگی برابر ۴۲ درصد برای صنعت منسوجات و کمترین برابر ۲۵/۶ درصد برای صنعت توتون و تنباکو بوده است.

جدول ۱۰: آماره‌های توصیفی کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۰ تا ۱۷ برای کل دوره

شاخص صنعت	فراورده‌های غذایی	آشامیدنی‌ها	توتون و تنباکو	منسوجات	پوشاک	چرم	چوب و فراورده‌ها	کاغذ و فراورده‌ها	میانگین
کد آیسیک	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	
میانگین	۰.۱۹	۰.۲۲	۰.۲۹	۰.۱۳	۰.۲۲	۰.۲۰	۰.۲۲	۰.۱۸	۰.۲۴
میانه	۰.۱۸	۰.۲۱	۰.۲۹	۰.۱۲	۰.۲۱	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۱۷	۰.۲۳
حداکثر	۰.۳۰	۰.۳۳	۰.۴۱	۰.۲۲	۰.۳۳	۰.۳۱	۰.۳۳	۰.۲۹	۰.۳۵
حداقل	۰.۰۹	۰.۱۱	۰.۱۸	۰.۰۵	۰.۱۲	۰.۱۰	۰.۱۲	۰.۰۹	۰.۱۴
انحراف معیار	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۵	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۶	۰.۰۷
چولگی	۰.۱۶	۰.۱۳	۰.۰۶	۰.۲۶	۰.۱۳	۰.۱۶	۰.۱۳	۰.۱۸	۰.۱۲
کشیدگی	۱.۷۹	۱.۷۹	۱.۷۸	۱.۸۳	۱.۷۹	۱.۷۹	۱.۷۹	۱.۸۰	۱.۷۹
ضریب پراکندگی	۳۴.۳	۳۱.۶	۲۵.۶	۴۲.۰	۳۱.۵	۳۳.۶	۳۱.۵	۳۵.۴	۲۸.۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول (۱۱) آماره‌های توصیفی کارایی فنی صنایع با کد آیسیک ۱۸ تا ۲۵ را نشان می‌دهد. بزرگ‌ترین میانگین کارایی فنی در کل دوره برای صنعت «تولید کک و فراورده‌های حاصل از پالایش نفت» برابر ۶۱ درصد و کوچک‌ترین میانگین متعلق به صنعت «سایر فراورده‌های معدنی غیرفلزی» می‌باشد که رقم ۱۶/۱ درصد را نشان می‌دهد. کارایی فنی صنعت تولید کک و فراورده‌های حاصل از پالایش نفت از میانگین کارایی فنی کل صنایع بسیار بزرگ‌تر اما کارایی فنی صنعت سایر فراورده‌های معدنی غیرفلزی از میانگین کارایی فنی کل صنایع کوچک‌تر است. صنعت کک و فراورده‌ها با حداکثر کارایی فنی برابر ۷۱ درصد و صنعت سایر فراورده‌های معدنی غیرفلزی با حداقل کارایی فنی در این جدول برابر با ۷ درصد رتبه‌های اول و آخر را در بین این هشت

صنعت دارند. بیشترین نوسانات کارایی فنی از منظر ضریب پراکندگی برابر ۳۷/۶ درصد برای صنعت سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی و کمترین برابر ۱۰/۲ درصد برای صنعت کک و فرآورده‌ها بوده است.

جدول ۱۱: آماره‌های توصیفی کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۸ تا ۲۵ برای کل دوره

شاخص صنعت	رسانه‌های ضبط شده	کک و فرآورده‌ها	مواد شیمیایی و فرآورده‌ها	داروها و فرآورده‌ها	لاستیک و پلاستیک	سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی	فلزات پایه	محصولات فلزی ساخته شده، به جز ماشین آلات و تجهیزات	کد آیسیک
	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	
میانگین	۰.۲۲	۰.۶۱	۰.۳۱	۰.۳۲	۰.۱۶۲	۰.۱۶۱	۰.۲۹	۰.۱۷	۰.۲۴
میانه	۰.۲۲	۰.۶۲	۰.۳۱	۰.۳۲	۰.۱۶	۰.۱۶	۰.۲۹	۰.۱۷	۰.۲۳
حداکثر	۰.۳۴	۰.۷۱	۰.۴۴	۰.۴۵	۰.۲۷	۰.۲۶	۰.۴۱	۰.۲۸	۰.۳۵
حداقل	۰.۱۲	۰.۵۱	۰.۲۰	۰.۲۱	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۱۷	۰.۰۸	۰.۱۴
انحراف معیار	۰.۰۷	۰.۰۶	۰.۰۸	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۰۶	۰.۰۷
چولگی	۰.۱۳	-۰.۱۲	۰.۰۴	۰.۰۳	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۰۶	۰.۱۹	۰.۱۲
کشیدگی	۱.۷۹	۱.۸۰	۱.۷۸	۱.۷۸	۱.۸۱	۱.۸۱	۱.۷۸	۱.۸۰	۱.۷۹
ضریب پراکندگی	۳۱.۲	۱۰.۲	۲۴.۰	۲۳.۴	۳۷.۵	۳۷.۶	۲۵.۷	۳۶.۵	۲۸.۴

مآخذ: یافته‌های پژوهش

جدول (۱۲) آماره‌های توصیفی کارایی فنی صنایع با کد آیسیک ۲۶ تا ۳۳ را نشان می‌دهد. بزرگ‌ترین میانگین کارایی فنی در کل دوره برای صنعت «وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم تریلر» برابر ۲۷ درصد و کوچک‌ترین میانگین متعلق به صنعت «تولید مبلمان» با رقم ۱۸ درصد می‌باشد. صنعت وسایل نقلیه موتوری با حداکثر کارایی فنی برابر ۳۹ درصد و صنعت تولید مبلمان با حداقل کارایی فنی در این جدول برابر با ۸/۸ درصد رتبه‌های اول و آخر را در بین این هشت صنعت دارند. بیشترین نوسانات کارایی فنی از منظر ضریب پراکندگی برابر ۳۵/۳ درصد برای صنعت تولید مبلمان و کمترین برابر ۲۵/۴ درصد برای صنعت تعمیر و نصب ماشین آلات و تجهیزات بوده است.

جدول ۱۲: آماره‌های توصیفی کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۲۶ تا ۳۳ برای کل دوره

شاخص صنعت	محصولات، رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری	تجهیزات برقی	ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	وسایل نقلیه موتوری، تریلر ونیم تریلر	سایر تجهیزات حمل و نقل	تولید مبلمان	سایر مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	تعمیر و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات	کد آیسیک
میانگین	۰.۲۴	۰.۲۳	۰.۲۰	۰.۲۷	۰.۲۲	۰.۱۸	۰.۱۸۱	۰.۲۹	۰.۲۴
میانه	۰.۲۴	۰.۲۳	۰.۲۰	۰.۲۷	۰.۲۱	۰.۱۷۵	۰.۱۷۷	۰.۲۹	۰.۲۳
حداکثر	۰.۳۶	۰.۳۵	۰.۳۱	۰.۳۹	۰.۳۳	۰.۲۸۸	۰.۲۹	۰.۴۱	۰.۳۵
حداقل	۰.۱۳	۰.۱۳	۰.۱۰	۰.۱۶	۰.۱۱	۰.۰۸۷	۰.۰۸۸	۰.۱۸	۰.۱۴
انحراف معیار	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۶۴	۰.۰۶۴	۰.۰۷	۰.۰۷
چولگی	۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۱۵	۰.۰۸	۰.۱۳	۰.۱۷۶	۰.۱۷۵	۰.۰۶	۰.۱۲
کشیدگی	۱.۷۸	۱.۷۸	۱.۷۹	۱.۷۸	۱.۷۹	۱.۸۰	۱.۸۰	۱.۷۸	۱.۷۹
ضریب پراکندگی	۲۹.۷	۳۰.۱	۳۳.۲	۲۷.۳	۳۱.۶	۳۵.۳	۳۵.۲	۲۵.۴	۲۸.۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در جمع‌بندی این قسمت، هر سه جدول بالا را با هم در نظر گرفته که می‌توان بیان نمود این صنایع از منظر شاخص میانگین در کل دوره مطالعه، بزرگ‌ترین میانگین کارایی فنی متعلق به صنعت تولید کک و فرآورده‌های حاصل از پالایش نفت برابر ۶۱ درصد و کوچک‌ترین میانگین کارایی فنی برای صنعت تولید منسوجات برابر ۱۳ درصد به دست آمده است. از منظر معیارهای حداکثر و حداقل، صنعت کک و فرآورده‌ها، حداکثر کارایی فنی برابر ۷۱ درصد و صنعت منسوجات حداقل کارایی فنی ۵ درصد را داشته‌اند. از نظر نوسان کارایی فنی، بزرگ‌ترین پراکندگی کارایی فنی از منظر ضریب پراکندگی برابر ۴۲ درصد برای صنعت منسوجات و کوچک‌ترین ضریب پراکندگی برابر ۱۰/۲ درصد برای صنعت کک و فرآورده‌ها بوده است.

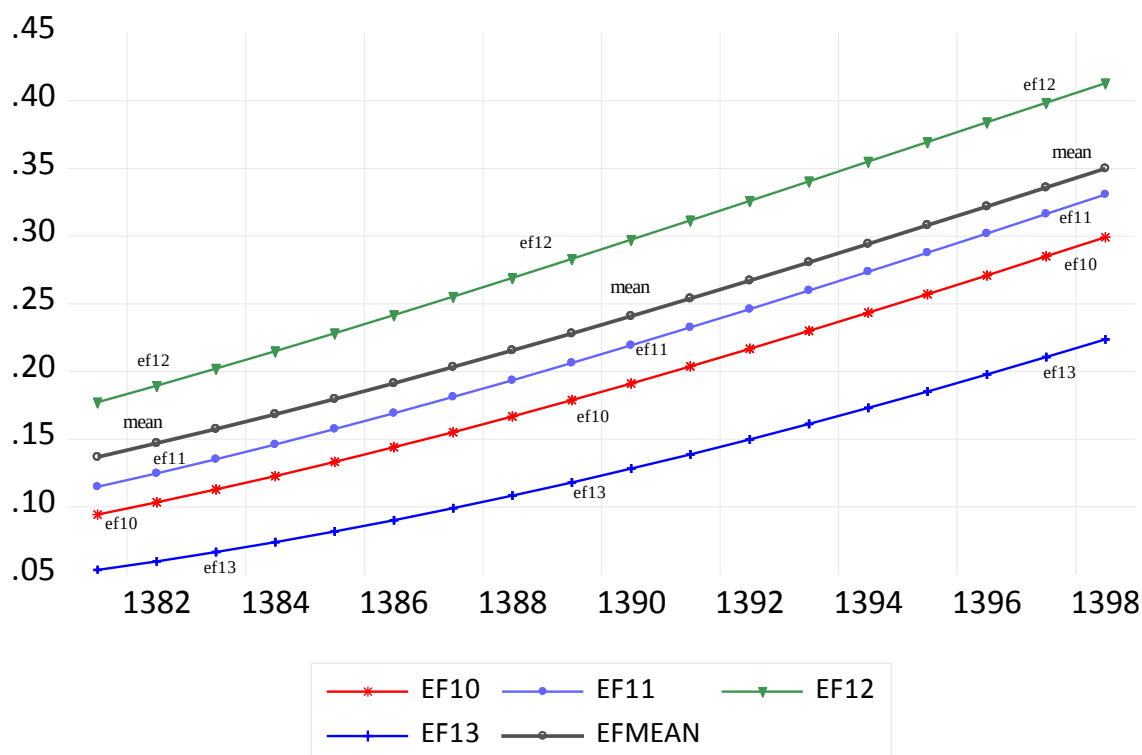
۵-۲- روند کارایی فنی طی دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸

در این قسمت روند کارایی صنایع کارخانه‌ای بر اساس کدهای دورقمی آیسیک را برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ از نظر نموداری مورد بررسی قرار می‌دهیم. از آنجاکه ضریب n در معادله نهایی (مدل ۱ در جدول ۷) معنی‌دار و مثبت به دست آمد؛ بنابراین روند کارایی فنی کلیه صنایع ۲۴ گانه صعودی بود؛ اما نرخ افزایش یا شیب روند برای هر صنعت نسبت به دیگر صنایع متفاوت است. از آنجاکه رسم نمودارهای ۲۴ صنعت در یک

نمودار مناسب نبوده و شلوغی نمودارها، روی هم افتادن بعضی و عدم تمایز هر یک نسبت به دیگری را به همراه خواهد داشت، ما به ترتیب از کد ۱۰ تا آخر، کارایی فنی هر چهار صنعت را به همراه کارایی فنی متوسط صنایع (میانگین ۲۴ صنعت با نام mean) در یک نمودار رسم کرده تا امکان مقایسه هر صنعت با سه صنعت دیگر و متوسط صنایع فراهم شود.

نمودار (۲) روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌های کدهای ۱۰ تا ۱۳ را برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود روند کارایی فنی هر چهار صنعت و همچنین متوسط صنایع صعودی است. صنعت «تولید فرآورده‌های توتون و تنباکو» با نماد ef12 بالاترین کارایی فنی را در بین این چهار صنعت و همچنین متوسط صنعت، داشته است. کارایی فنی این صنعت در سال ۱۳۸۱ برابر ۱۷/۷ درصد شروع شده و به ۴۱/۳ درصد در سال ۱۳۹۸ می‌رسد. پس از آن صنعت «تولید انواع آشامیدنی‌ها» با نماد ef11 قرار دارد که کارایی فنی آن در سال ۱۳۸۱ برابر ۱۱/۵ درصد بوده و به ۴۳/۱ درصد در سال ۱۳۹۸ می‌رسد. کارایی فنی متوسط صنایع با نماد mean در سال ۱۳۸۱ برابر ۱۳/۷ درصد بوده که به ۳۵ درصد در سال ۱۳۹۸ می‌رسد (جدول ۱۷ در پیوست را ببینید). در این قسمت ما سعی داریم نمودارهای کارایی فنی بر هر یک از صنایع را نشان دهیم.^۱

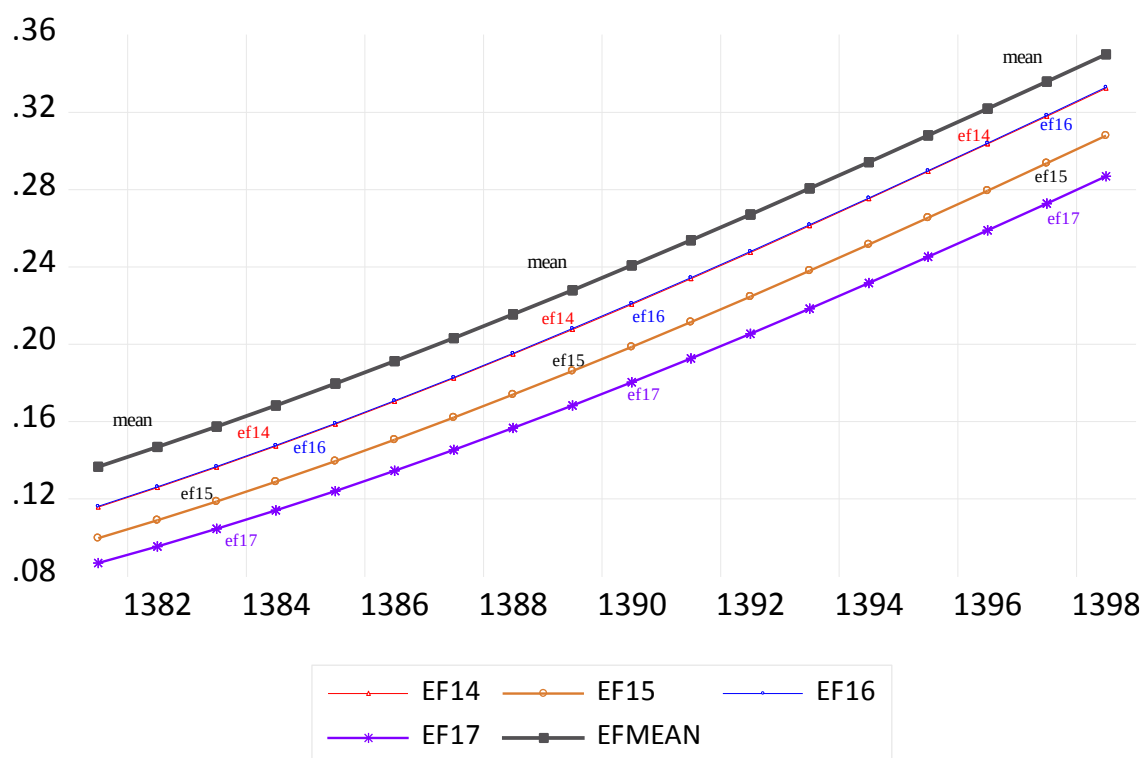
۱. برای دریافت جزییات و اعداد کارایی فنی به پیوست گزارش جدول‌های ۱۷ تا ۱۹ کارایی فنی مراجعه فرمایید.



نمودار ۲: روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌های کدهای ۱۰ تا ۱۳ و میانگین کل صنایع برای دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

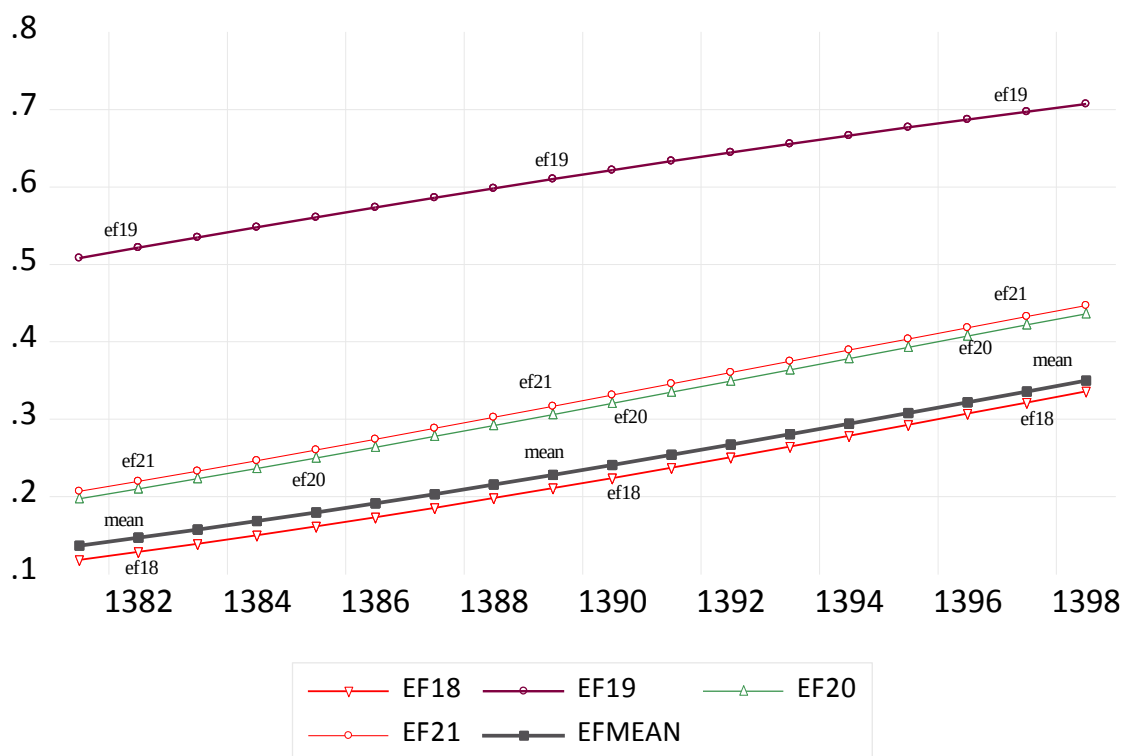
نمودار (۳) روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌های کدهای ۱۴ تا ۱۷ را برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. کارایی فنی هر چهار صنعت پایین‌تر از کارایی فنی متوسط صنایع است. نمودار کارایی فنی صنعت «تولید پوشاک» با نماد ef14 با نمودار کارایی فنی صنعت «تولید چوب و فراورده‌های چوب و چوب‌پنبه - به‌جز مبلمان - ساخت کالا از حصیر و مواد حصیربافی» با نماد ef16 تقریباً بر روی هم قرار گرفته‌اند. این دو صنعت نسبت به دو صنعت «تولید چرم و فراورده‌های وابسته ef15» و «تولید کاغذ و فراورده‌های کاغذی ef17» در این نمودار، کارایی فنی بالاتری داشته‌اند (جدول ۱۷ در پیوست را ببینید).



نمودار ۳: روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۴ تا ۱۷ و میانگین کل صنایع برای دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

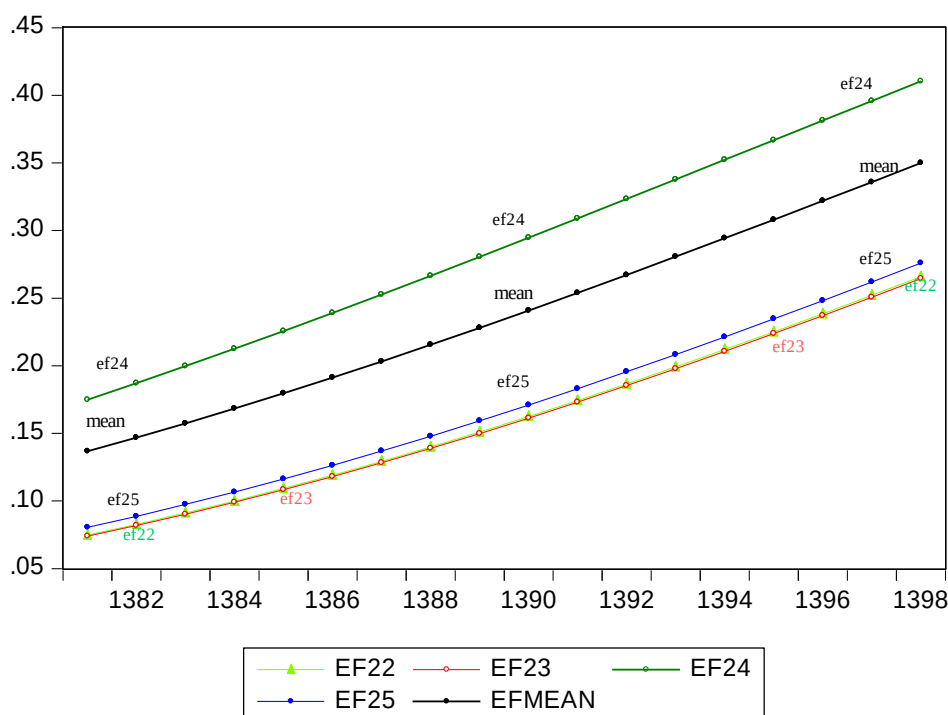
نمودار (۴) روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۸ تا ۲۱ را برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. از بین چهار صنعت مندرج در نمودار (۴)، تنها کارایی فنی صنعت «چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط‌شده» با نماد ef18 پایین‌تر از کارایی فنی متوسط صنایع می‌باشد. کارایی فنی صنعت «تولید کک و فراورده‌های حاصل از پالایش نفت» با نماد ef19 بالاترین کارایی فنی در بین این چهار صنعت داشته است، به گونه‌ای که از ۵۱ درصد در سال ۱۳۸۱ به ۷۱ درصد در سال ۱۳۹۸ می‌رسد.



نمودار ۴: روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌های کدهای ۱۸ تا ۲۱ و میانگین کل صنایع برای دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸

مآخذ: یافته‌های پژوهش

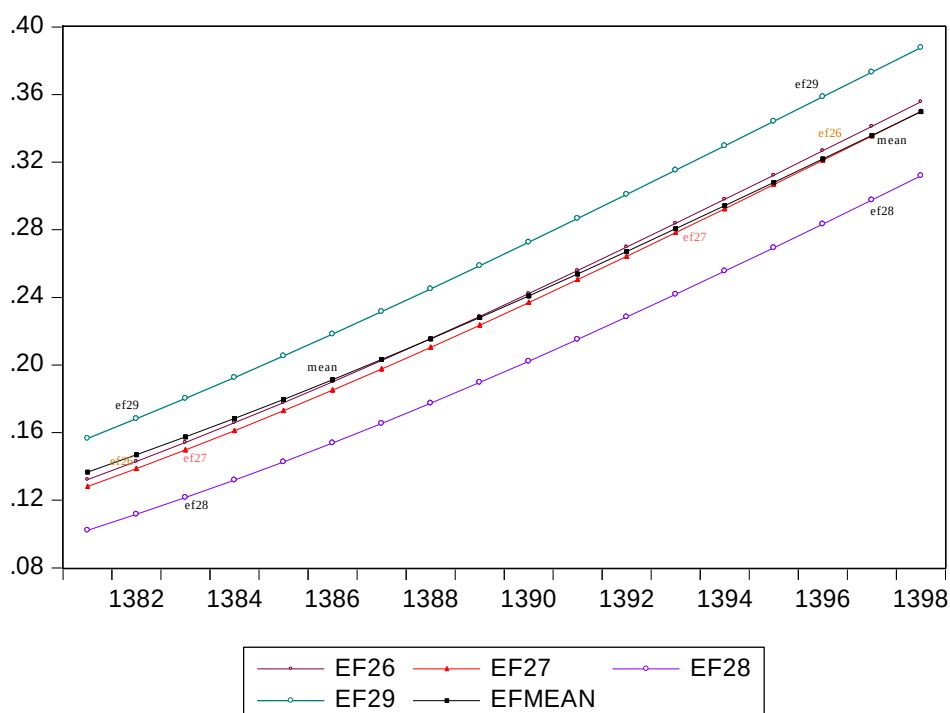
نمودار (۵) روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌های کدهای ۲۲ تا ۲۵ را برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. از بین چهار صنعت مندرج در نمودار (۵)، در کل دوره صنعت «تولید فلزات پایه» با نماد ef24 کارایی فنی بالاتر و سه صنعت دیگر کارایی فنی پایین‌تر از کارایی فنی متوسط صنایع داشته‌اند. نمودار کارایی فنی صنعت «تولید فراورده‌های لاستیکی و پلاستیکی» با نماد ef22 با نمودار کارایی فنی صنعت «تولید سایر فراورده‌های معدنی غیرفلزی» با نماد ef23 تقریباً بر روی هم قرار گرفته‌اند. کارایی فنی صنعت «تولید کک و فراورده‌های حاصل از پالایش نفت» با نماد ef19 با بالاترین کارایی فنی در بین این چهار صنعت داشته است به گونه‌ای که از ۵۱ درصد در سال ۱۳۸۱ به ۷۱ درصد در سال ۱۳۹۸ می‌رسد.



نمودار ۵: روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۲۲ تا ۲۵ و میانگین کل صنایع برای دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

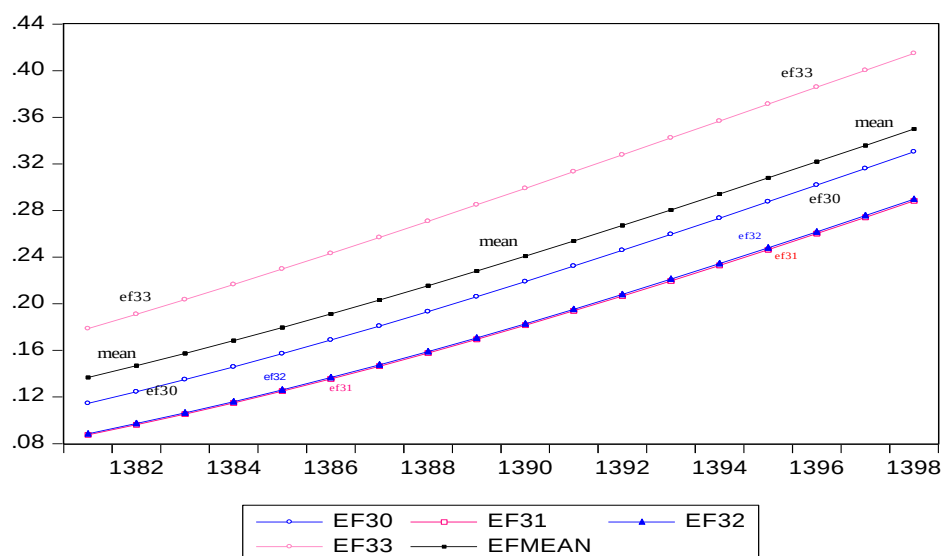
نمودار (۶) روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۲۶ تا ۲۹ را برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. با نگاهی به این نمودار درمی‌یابیم که کارایی دو صنعت «ساخت محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری» و «تولید تجهیزات برقی» به ترتیب با نمادهای ef26 و ef27 در محدوده کارایی فنی متوسط صنایع قرار گرفته است، به گونه‌ای که تمایز آن‌ها از یکدیگر سخت به نظر می‌رسد. این دو صنعت به ترتیب با کارایی فنی ۱۳٫۲ و ۱۲٫۸ درصد در ابتدای روند خود؛ یعنی سال ۱۳۸۱ شروع و در سال ۱۳۹۸ به کارایی فنی ۳۵٫۶ و ۳۵ درصد می‌رسند (جدول ۱۹ در پیوست را ببینید). این در حالی است که کارایی فنی متوسط صنایع در سال ۱۳۸۱ برابر ۱۳٫۷ درصد و در سال ۱۳۹۸ به ۳۵ درصد رسیده است. نمودار کارایی فنی صنعت «تولید وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم‌تریلر» با نماد ef29 بالاتر از نمودار کارایی فنی متوسط صنایع و نمودار کارایی فنی صنعت «تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر» با نماد ef28 پایین‌تر از متوسط صنایع قرار گرفته‌اند.



نمودار ۶: روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۲۶ تا ۲۹ و میانگین کل صنایع برای دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸

مآخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار (۷) روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۳۰ تا ۳۳ را برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. نمودار کارایی فنی صنعت «تولید مبلمان» با نماد ef31 با نمودار کارایی فنی صنعت «تولید سایر مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر» با نماد ef32 تقریباً بر روی هم قرار گرفته‌اند. این دو صنعت به ترتیب با کارایی فنی ۸/۸ و ۸/۹ درصد در سال ۱۳۸۱ به کارایی فنی ۲۸/۸ و ۲۹ درصد در سال ۱۳۹۸ می‌رسند (جدول ۱۹ در پیوست را ببینید). صنعت «نعمیر و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات» با نماد ef33 بالاتر از نمودار کارایی فنی متوسط صنایع و نمودار کارایی فنی صنعت «تولید سایر تجهیزات حمل‌ونقل» با نماد ef30 پایین‌تر از متوسط صنایع قرار گرفته‌اند.



نمودار ۷: روند کارایی فنی صنایع کارخانه‌های کدهای ۳۰ تا ۳۳ و میانگین کل صنایع برای دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۵-۳- مقایسه میانگین و متوسط نرخ رشد کارایی فنی در دوره‌های مختلف

در این قسمت به دنبال مقایسه میانگین کارایی فنی صنایع ۲۴ گانه در دوره‌های مختلف هستیم. افزون بر آن، میانگین هندسی نرخ رشد این صنایع را محاسبه، مقایسه و توصیف خواهیم کرد. دوره‌های منتخب به سه دوره: کل دوره ۹۸-۱۳۸۱، دوره ۸۹-۱۳۸۱ که می‌توان آن را دوره قبل از اجرای هدفمندی و تعدیل قیمت حامل‌های انرژی در آذرماه سال ۱۳۸۹ دانست. از آنجاکه حدود ۹ ماه اول سال ۱۳۸۹ قبل از اجرای سیاست تعدیل قیمت است، به دلیل استفاده از داده‌های سالیانه، ما با کمی اغماض سال ۱۳۸۹ را سال قبل از هدفمندی و تعدیل قیمت در نظر می‌گیریم. دوره سوم، شامل سال ۱۳۹۰ یعنی اولین سال تجربه صنایع از قیمت‌های جدید حامل‌های انرژی تا سال ۱۳۹۸ می‌شود. پس این دوره را می‌توان دوره اجرای تعدیل قیمت حامل‌های انرژی برای صنایع دانست، اگرچه در سال ۱۳۹۲ شاهد تعدیل دوم در قیمت حامل‌های انرژی بوده‌ایم که این نیز در دوره سوم قرار می‌گیرد.

مقایسه کارایی فنی صنایع بین دوره‌های دوم سوم (قبل و بعد از هدفمندی) حائز اهمیت بوده و می‌تواند پیام‌های سیاستی و راهنمای سیاست‌گذاری داشته باشد. از این‌رو میانگین کارایی فنی برای کل دوره، دوره دوم و سوم محاسبه و در جدول‌ها درج شده است. افزون بر آن، میانگین هندسی نرخ رشد کارایی فنی نیز برای این سه دوره محاسبه و ارائه شده است. جهت امکان مقایسه بهتر، ارقام کارایی فنی سال‌های ابتدا و انتهای دوره‌ها در جدول نیز درج شده است.^۱

۱. برآورد کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ در سه جدول ۱۷ تا ۱۹ در پیوست گزارش آمده است.

جدول (۱۳) کارایی فنی برای چهار سال، میانگین و متوسط هندسی نرخ رشد کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۰ تا ۱۷ را برای سه دوره منتخب نشان می‌دهد. میانگین کارایی فنی برای صنعت فرآورده‌های غذایی (کد ۱۰) در کل دوره برابر ۱۸/۹ درصد، دوره دوم ۱۳/۴ و در دوره سوم ۲۴/۴ درصد به دست آمده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود اختلاف فاحشی میان میانگین کارایی این صنعت در دوره سوم (بعد از هدفمندی) با دوره دوم (قبل از هدفمندی) وجود داشته و برای این صنعت میانگین پس از اجرای هدفمندی افزایش یافته است؛ اما این ویژگی افزایش میانگین در مورد متوسط نرخ رشد برعکس بوده است. به گونه‌ای که متوسط نرخ رشد سالانه کارایی فنی در کل دوره ۷ درصد، دوره دوم ۸/۳ درصد و در دوره سوم ۵/۸ درصد برآورد شده است. به عبارتی به‌طور متوسط نرخ رشد کارایی فنی در دوره بعد از هدفمندی کمتر از متوسط نرخ رشد سالانه در دوره قبل از هدفمندی است.

جدول ۱۳: میانگین و متوسط نرخ رشد کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۰ تا ۱۷ در دوره‌های مختلف (درصد)

سال / دوره صنعت	فرآورده‌های غذایی	آشامیدنی‌ها	توتون و تنباکو	منسوجات	پوشاک	چرم	چوب و فرآورده‌ها	کاغذ و فرآورده‌ها	میانگین صنایع
کد آیسیک	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	
۱۳۸۱	۹.۴	۱۱.۵	۱۷.۷	۵.۳	۱۱.۶	۱۰.۰	۱۱.۶	۸.۷	۱۳.۷
۱۳۸۹	۱۷.۹	۲۰.۶	۲۸.۳	۱۱.۸	۲۰.۸	۱۸.۶	۲۰.۸	۱۶.۸	۲۲.۸
۱۳۹۰	۱۹.۱	۲۱.۹	۲۹.۷	۱۲.۸	۲۲.۱	۱۹.۹	۲۲.۱	۱۸.۰	۲۴.۱
۱۳۹۸	۲۹.۹	۳۳.۱	۴۱.۳	۲۲.۴	۳۳.۲	۳۰.۸	۳۳.۳	۲۸.۷	۳۵.۰
کل دوره	۱۸.۹	۲۱.۶	۲۹.۲	۱۲.۹	۲۱.۸	۱۹.۷	۲۱.۸	۱۷.۹	۲۳.۸
دوره ۸۹-۸۱	۱۳.۴	۱۵.۹	۲۲.۹	۸.۳	۱۶.۰	۱۴.۱	۱۶.۰	۱۲.۶	۱۸.۱
دوره ۹۸-۹۰	۲۴.۴	۲۷.۴	۳۵.۵	۱۷.۴	۲۷.۶	۲۵.۲	۲۷.۶	۲۳.۲	۲۹.۵
کل دوره	۷.۰	۶.۴	۵.۱	۸.۸	۶.۴	۶.۹	۶.۴	۷.۳	۵.۷
دوره ۸۹-۸۱	۸.۳	۷.۶	۶.۰	۱۰.۴	۷.۶	۸.۱	۷.۶	۸.۶	۶.۶
دوره ۹۸-۹۰	۵.۸	۵.۳	۴.۲	۷.۲	۵.۳	۵.۶	۵.۲	۶.۰	۴.۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

مطالب بیان‌شده در بالا در مورد صنعت فرآورده‌های غذایی، برای بقیه صنایع کدهای ۱۱ تا ۱۷ در جدول (۱۳) نیز صادق بوده ولی ارقام میانگین و متوسط نرخ رشد متفاوت بوده است. در جدول مذکور، بالاترین میانگین کارایی فنی کل دوره متعلق به صنعت توتون و تنباکو برابر ۲۹/۲ درصد و همچنین بالاترین میانگین کارایی فنی در دوره دوم متعلق به همین صنعت و برابر ۳۵/۵ درصد است. در مورد نرخ رشد، بالاترین متوسط نرخ رشد کارایی فنی متعلق به صنعت منسوجات است که برای کل دوره ۸/۸ درصد، دوره دوم ۱۰/۴ درصد و دوره

سوم ۷/۲ درصد می باشد. این ارقام و رشدهای بالاتر را تا حدی می توان به پایین بودن میانگین کارایی فنی در این صنعت نسبت داد که دستیابی به نرخ رشد بالاتر در کارایی را نسبت به صنایعی که کارایی فنی بالا دارند، با استفاده از برخی تمهیدات، تسهیل می کند.

جدول (۱۴) میانگین و متوسط هندسی نرخ رشد کارایی فنی صنایع کارخانه های کدهای ۱۸ تا ۲۵ را برای سه دوره منتخب نشان می دهد. میانگین کارایی فنی برای صنعت مواد شیمیایی و فرآورده ها (کد ۲۰) در کل دوره برابر ۳۱/۵ درصد، دوره دوم ۲۵/۱ درصد و در دوره سوم ۳۷/۸ درصد است. همانند جدول (۱۳) و یافته ها در مورد صنعت غذایی، بزرگ تر بودن میانگین کارایی در دوره سوم نسبت به دوره دوم، در مورد صنعت مواد شیمیایی نیز صادق است، به طوری که میانگین کارایی این صنعت در دوره بعد از هدفمندی از دوره قبل از هدفمندی بزرگ تر می باشد. متوسط نرخ رشد دوره سوم کوچک تر از دوره دوم بوده است، به گونه ای که متوسط نرخ رشد سالانه کارایی فنی صنعت مواد شیمیایی در کل دوره ۴/۸ درصد، دوره دوم ۵/۷ درصد و در دوره سوم ۳/۹ درصد برآورد شده است.

جدول ۱۴: میانگین و متوسط نرخ رشد کارایی فنی صنایع کارخانه های کدهای ۱۸ تا ۲۵ در دوره های مختلف (درصد)

سال / دوره صنعت	رسانه های ضبط شده	کک و فرآورده ها	مواد شیمیایی و فرآورده ها	داروها و فرآورده ها	لاستیک و پلاستیک	سایر فرآورده های معدنی غیر فلزی	فلزات پایه	محصولات فلزی ساخته شده، به جز ماشین آلات و تجهیزات	میانگین صنایع
کد آیسیک	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	
۱۳۸۱	۱۱.۸	۵۰.۸	۱۹.۷	۲۰.۷	۷.۵	۷.۴	۱۷.۵	۸.۰	۱۳.۷
۱۳۸۹	۲۱.۱	۶۱.۰	۳۰.۶	۳۱.۷	۱۵.۱	۱۴.۵	۲۸.۱	۱۵.۹	۲۲.۸
۱۳۹۰	۲۲.۴	۶۲.۲	۳۲.۰	۳۳.۱	۱۶.۳	۱۶.۱	۲۹.۵	۱۷.۱	۲۴.۱
۱۳۹۸	۳۳.۶	۷۰.۷	۴۳.۶	۴۴.۷	۲۶.۶	۲۶.۵	۴۱.۰	۲۷.۶	۳۵.۰
میانگین	۲۲.۱	۶۱.۳	۳۱.۵	۳۲.۵	۱۶.۲	۱۶.۱	۲۸.۹	۱۷.۰	۲۳.۸
	دوره ۸۹-۸۱	۱۶.۳	۵۶.۰	۲۵.۱	۲۶.۱	۱۱.۱	۲۲.۷	۱۱.۸	۱۸.۱
	دوره ۹۸-۹۰	۲۷.۹	۶۶.۶	۳۷.۸	۳۸.۹	۲۱.۳	۲۱.۲	۳۵.۲	۲۹.۵
متوسط نرخ رشد	کل دوره	۶.۳	۲.۰	۴.۸	۴.۶	۷.۷	۷.۸	۵.۱	۵.۷
	دوره ۸۹-۸۱	۷.۵	۲.۳	۵.۷	۵.۵	۹.۲	۹.۲	۶.۱	۶.۶
	دوره ۹۸-۹۰	۵.۲	۱.۶	۳.۹	۳.۸	۶.۴	۶.۴	۴.۲	۴.۸

مآخذ: یافته های پژوهش

ویژگی‌های ذکر شده در مورد صنعت مواد شیمیایی برای بقیه صنایع کدهای ۱۸ تا ۲۵ در جدول (۱۴) نیز صادق می‌باشد؛ اما ارقام میانگین و متوسط نرخ رشد متفاوت بوده است. در جدول مذکور، بالاترین میانگین کارایی فنی کل دوره متعلق به صنعت کک و فرآورده‌ها برابر ۶۱/۳ درصد و کمترین میانگین کارایی فنی کل دوره برای صنعت سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی برابر ۱۶/۱ درصد است.

جدول (۱۵) میانگین و متوسط هندسی نرخ رشد کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۲۶ تا ۳۳ را برای سه دوره منتخب نشان می‌دهد. میانگین کارایی فنی برای صنعت تعمیر و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات (کد ۳۳) در کل دوره برابر ۲۹/۴ درصد، دوره دوم ۲۳/۱ درصد و در دوره سوم ۳۵/۷ درصد بوده است. همانند جدول‌های (۱۳) و (۱۴)، بزرگ‌تر بودن میانگین کارایی در دوره سوم نسبت به دوره دوم، در مورد کلیه صنایع مندرج در جدول (۱۵) نیز صادق است، به‌طوری‌که میانگین کارایی این صنعت در دوره بعد از هدفمندی از دوره قبل از هدفمندی بزرگ‌تر می‌باشد. در این جدول، کمترین میانگین کارایی فنی برای صنعت تولید مبلمان برابر ۱۸ درصد است. همچنین کمترین متوسط نرخ رشد در کل دوره برابر ۵/۱ درصد و متعلق به صنعت تعمیر و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات می‌باشد.

جدول ۱۵: میانگین و متوسط نرخ رشد کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۲۶ تا ۳۳ در دوره‌های مختلف (درصد)

سال/دوره صنعت	محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری	تجهیزات برقی	ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	وسایل نقلیه موتوری، تریلر ونیم تریلر	سایر تجهیزات حمل‌ونقل	تولید مبلمان	سایر مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	تعمیر و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات	میانگین صنایع
	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳	
۱۳۸۱	۱۳.۲	۱۲.۸	۱۰.۲	۱۵.۷	۱۱.۵	۸.۸	۸.۹	۱۷.۹	۱۳.۷
۱۳۸۹	۲۲.۹	۲۲.۴	۱۹.۰	۲۵.۹	۲۰.۶	۱۶.۹	۱۷.۱	۲۸.۵	۲۲.۸
۱۳۹۰	۲۴.۲	۲۳.۷	۲۰.۲	۲۷.۳	۲۱.۹	۱۸.۲	۱۸.۳	۲۹.۹	۲۴.۱
۱۳۹۸	۳۵.۶	۳۵.۰	۳۱.۲	۳۸.۸	۳۳.۱	۲۸.۸	۲۹.۰	۴۱.۵	۳۵.۰
میانگین دوره‌ها	۲۳.۹	۲۳.۴	۲۰.۰	۲۶.۸	۲۱.۶	۱۸.۰	۱۸.۱	۲۹.۴	۲۳.۸
	دوره ۸۱-۸۹	۱۷.۹	۱۷.۴	۱۴.۴	۲۰.۶	۱۵.۸	۱۲.۸	۲۳.۱	۱۸.۱
	دوره ۹۰-۹۸	۲۹.۸	۲۹.۳	۲۵.۶	۳۳.۰	۲۷.۴	۲۳.۵	۳۵.۷	۲۹.۵

کل دوره	۶۰	۶۱	۶۸	۵۵	۶۴	۷۳	۷۲	۵۱	۵۷
دوره ۸۱-۸۹	۷۱	۷۲	۸۰	۶۵	۷۶	۸۶	۸۶	۶۰	۶۶
دوره ۹۰-۹۸	۴۹	۵۰	۵۶	۴۵	۵۳	۶۰	۵۹	۴۲	۴۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

برای جمع‌بندی این قسمت به چند مورد مشترک در مورد صنایع ۲۴ گانه به شرح زیر می‌توان اشاره کرد.

۱- میانگین کارایی فنی در دوره سوم (بعد از هدفمندی) بزرگ‌تر از دوره دوم (قبل از هدفمندی) است.

۲- میانگین کارایی فنی در کل دوره (۹۸-۱۳۸۱) در بین میانگین دوره دوم و سوم قرار دارد.

۳- متوسط نرخ رشد سالانه کارایی فنی در دوره سوم کوچک‌تر از دوره دوم می‌باشد.

۵-۴- رتبه‌بندی صنایع بر اساس کارایی فنی

یکی از اهداف پژوهش حاضر، رتبه‌بندی صنایع به منظور شناخت برای اقدامات حمایتی، آگاهی از ظرفیت‌های به کار گرفته شده و توسعه صنایع در سال‌های آتی می‌باشد. از این رو در این قسمت به رتبه‌بندی صنایع ۲۴ گانه بر اساس میانگین کارایی فنی در کل دوره و همچنین سال ۱۳۹۸ می‌پردازیم. جدول (۱۶) رتبه‌بندی صنایع کارخانه‌ای بر اساس متوسط کارایی فنی در کل دوره و سال ۱۳۹۸ را نشان می‌دهد. در این رتبه‌بندی چه ملاک را متوسط کارایی فنی در کل دوره در نظر بگیریم و یا از معیار کارایی فنی در سال ۱۳۹۸ استفاده کنیم، فهرست رتبه‌بندی تغییری نمی‌کند، چراکه برای صنایع این دو معیار همسو و در یک راستا هستند.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود صنعت تولید کک و فرآورده‌های حاصل از پالایش نفت با میانگین کارایی ۶۱/۳ درصد در رتبه اول قرار گرفته است. صنعت تولید داروها و فرآورده‌های دارویی شیمیایی و گیاهی با متوسط کارایی ۳۲/۵ درصد در رتبه دوم و صنعت تولید منسوجات با کارایی ۲۲/۴ درصد در سال ۱۳۹۸ در انتهای فهرست قرار گرفته‌اند.

متوسط کارایی فنی صنایع ۲۴ گانه در انتهای جدول به صورت پر رنگ نوشته شده است. این متوسط برای کل دوره برابر ۲۳/۸ درصد و برای سال ۱۳۹۸ مقدار ۳۵ درصد به دست آمده است. اگر بخواهیم کل صنایع را در فهرست رتبه‌بندی قرار دهیم، در ردیف ۹ یعنی معادل صنعت تولید تجهیزات برقی قرار می‌گیرد. از این‌رو، ۸ صنعت کارایی فنی بالاتر از متوسط، یک صنعت کارایی فنی معادل متوسط ۱۵ صنعت کارایی فنی پایین‌تر از متوسط دارند.

جدول ۱۶: رتبه‌بندی صنایع کارخانه‌ای بر اساس کارایی

رتبه	کارایی فنی (درصد)		کد صنعت	نام صنعت
	سال ۱۳۹۸	متوسط دوره		
۱	۷۰.۷	۶۱.۳	۱۹	تولید کک و فراورده‌های حاصل از پالایش نفت
۲	۴۴.۷	۳۲.۵	۲۱	تولید داروها و فراورده‌های دارویی شیمیایی و گیاهی
۳	۴۳.۶	۳۱.۵	۲۰	تولید مواد شیمیایی و فراورده‌های شیمیایی
۴	۴۱.۵	۲۹.۴	۳۳	تعمیر و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات
۵	۴۱.۳	۲۹.۲	۱۲	تولید فراورده‌های توتون و تنباکو
۶	۴۱.۰	۲۹.۰	۲۴	تولید فلزات پایه
۷	۳۸.۸	۲۶.۸	۲۹	تولید وسایل نقلیه موتوری، تریلر ونیم تریلر
۸	۳۵.۶	۲۳.۹	۲۶	ساخت محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری
۹	۳۵.۰	۲۳.۴	۲۷	تولید تجهیزات برقی
۱۰	۳۳.۶	۲۲.۱	۱۸	چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط‌شده
۱۱	۳۳.۳	۲۱.۸	۱۶	تولید چوب و فراورده‌های چوب و چوب پنبه - به‌جز مبلمان - ساخت کالا از حصیر و مواد حصیربافی
۱۲	۳۳.۲	۲۱.۸	۱۴	تولید پوشاک
۱۳	۳۳.۱	۲۱.۶	۱۱	تولید انواع آشامیدنی‌ها
۱۴	۳۳.۱	۲۱.۶	۳۰	تولید سایر تجهیزات حمل‌ونقل
۱۵	۳۱.۲	۲۰.۰	۲۸	تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر
۱۶	۳۰.۸	۱۹.۷	۱۵	تولید چرم و فراورده‌های وابسته
۱۷	۲۹.۹	۱۸.۹	۱۰	تولید فراورده‌های غذایی
۱۸	۲۹.۰	۱۸.۱	۳۲	تولید سایر مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر
۱۹	۲۸.۸	۱۸.۰	۳۱	تولید مبلمان
۲۰	۲۸.۷	۱۷.۹	۱۷	تولید کاغذ و فراورده‌های کاغذی
۲۱	۲۷.۶	۱۷.۰	۲۵	تولید محصولات فلزی ساخته‌شده، به‌جز ماشین‌آلات و تجهیزات
۲۲	۲۶.۶	۱۶.۲	۲۲	تولید فراورده‌های لاستیکی و پلاستیکی
۲۳	۲۶.۵	۱۶.۱	۲۳	تولید سایر فراورده‌های معدنی غیرفلزی
۲۴	۲۲.۴	۱۲.۹	۱۳	تولید منسوجات
۹	۳۵	۲۳.۸	-	کل صنایع

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۶- نتیجه گیری

شناخت کافی از وضعیت عملکرد صنایع مختلف، سیاست گذاران را در جهت بهبود وضعیت بخش های صنعتی کمک می کند. از این رو، شناخت، تحلیل، ارزیابی و سیاست گذاری در زیربخش های صنعتی یک ضرورت کلیدی قلمداد می شود. برآورد و تحلیل کارایی فنی صنایع کارخانه های از مصداق های مطالعات منجر به شناخت، تحلیل و سیاست گذاری هستند که در قالب طرح های پژوهشی قابل انجام است. بنابراین در پژوهش حاضر، هدف مذکور مد نظر قرار گرفت و گزارش تحقیق تهیه شد.

اصلی ترین یافته ها و پیشنهادهای این تحقیق عبارت اند از:

- به طور کلی کارایی فنی صنعت در ایران پایین تر از حد انتظار است. متوسط کارایی فن میزان کارایی فنی در صنایع در سطح کدهای دورقمی در دوره مورد بررسی، حدود ۲۴ درصد و در سال ۱۳۹۸، ۳۵ درصد بوده است. این امر ضرورت مطالعه و بررسی وزارت صنعت، معدن و تجارت برای تعیین عوامل اثرگذار بر این وضعیت را دوچندان می نماید و نتایج نیز می تواند برای سیاست گذار جهت استفاده از انواع ابزار سیاستی در دسترس، راهنمایی لازم را فراهم کند.

- یافته ها حکایت از آن دارند که وضعیت کارایی فنی در صنایع نسبت به میانگین کل صنعت دارای پراکندگی بالاست. این یافته یک توصیه سیاستی را در بر دارد. برای اینکه سیاست گذار بتواند از ابزارهای حمایتی خود بهره بگیرد (با این فرض که افزایش کارایی صنایع با کارایی پایین محتاج حمایت هدفمند دولت فقط برای یک دوره زمانی معین هستند) می توان با انتخاب معیار مشخص، مثلاً ده صنعت با رتبه پایین در کارایی فنی؛ یا صنایع پایین تر از میانگین کل؛ یا صنایع با سهم بالاتر از ارزش افزوده کل صنعت اما با کارایی پایین تر نسبت به میانگین کل؛ یا ترکیبی از این معیارها؛ مطالعه را به سمت این صنایع متمرکز کرد، زیرا افزایش میزان کارایی در چنین صناعی (با کارایی فنی بسیار پایین) به مراتب راحت تر از صنعتی می باشد که با کارایی بالا مشغول به کار است. برای مثال با انتخاب معیار اول، صنایع زیر در اولویت اقدام قرار می گیرند:

✓ تولید ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده در جای دیگر

✓ تولید چرم و فرآورده های وابسته

✓ تولید فرآورده های غذایی

✓ تولید سایر مصنوعات طبقه بندی نشده در جای دیگر

✓ تولید مبلمان

✓ تولید کاغذ و فرآورده‌های کاغذی

✓ تولید محصولات فلزی ساخته‌شده، به جز ماشین‌آلات و تجهیزات

✓ تولید فرآورده‌های لاستیکی و پلاستیکی

✓ تولید سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی

✓ تولید منسوجات

- نتایج برآوردهای این تحقیق حاکی از آن است که کارایی فنی صنایع در کل دوره روند صعودی داشته است. چنانچه دوره زمانی تحقیق را به کل دوره، دوره قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها و دوره بعد از اجرای آن قانون تفکیک کنیم، در مورد کارایی فنی صنایع، چند مورد مشترک در تمام صنایع ۲۴ گانه به شرح زیر وجود دارد.

۱- میانگین کارایی فنی در دوره سوم (بعد از هدفمندی) بزرگ‌تر از دوره دوم (قبل از هدفمندی) است.

۲- میانگین کارایی فنی در کل دوره (۹۸-۱۳۸۱) در بین میانگین دوره دوم و سوم قرار دارد.

۳- متوسط نرخ رشد سالانه کارایی فنی در دوره سوم کوچک‌تر از دوره دوم می‌باشد.

این یافته‌ها نشان از آن دارند که اجرای قانون هدفمندی و افزایش هزینه حامل‌های انرژی برای صنایع، با وجود عدم اجرای بخشی از قانون که هدایت بخش معین و ثابتی از منابع حاصل از افزایش قیمت حامل‌ها برای حمایت از تولید؛ باز هم نه تنها کارایی فنی تولیدی در صنایع را کاهش نداده است بلکه موجب افزایش آن شده است. اگرچه طبیعی است که با افزایش متوسط کارایی فنی انتظار داشته باشیم رشد متوسط کارایی فنی در دوره سوم نسبت به قبل از آن کمتر باشد؛ که نتایج نیز همین موضوع را نشان می‌دهد. این یافته یک توصیه سیاستی مهم را برای سیاست‌گذار در بر دارد که با وجود انجام اصلاحات ضروری برای استفاده از ابزار قیمتی و سازوکارهای بازاری در جهت افزایش کارایی تخصیصی و فنی صنایع، اگر سیاست‌های مکمل برای مطالعه و رصد وضعیت صنایع مختلف و کاربرد ابزارهای گوناگون و در دسترس دولت نیز مورد توجه قرار می‌گرفت یا در آینده قرار بگیرد، آنگاه می‌توان وضعیت بهتری در مورد افزایش کارایی در صنایع را انتظار داشت.

نکات بارز این مطالعه نسبت به قبل را می‌توان به مواردی مانند به روز بودن دوره مطالعه؛ دوره زمانی پوشش دو دوره قبل از هدفمندی (۸۹-۱۳۸۱) و بعد از هدفمندی (۹۸-۱۳۹۰)؛ وارد کردن متغیر انرژی در تابع تولید؛ استفاده از داده‌های برآورد موجودی سرمایه در سطح صنایع دورقمی آیسیک اشاره کرد.

موارد پیشنهادی مطالعات آتی عبارت‌اند از:

- وارد کردن متغیر روند زمانی t برای دریافت اثرات تغییرات تکنولوژی
- استفاده از روش باتسی و کولی مدل ۱۹۹۵ که در آن عوامل مؤثر بر کارایی فنی را پس از برآورد روند کارایی فنی وارد مدل می‌کند
- با توجه به بند بالا، خروج نهاده انرژی از تابع تولید و ورود آن با شاخص شدت انرژی به عنوان متغیر اثرگذار بر کارایی فنی
- ورود متغیر مالکیت (عمومی - خصوصی و تعاونی) به عنوان متغیر اثرگذار بر کارایی فنی
- ورود متغیر نحوه مدیریت بنگاه یا صنعت (عمومی - خصوصی و تعاونی) به عنوان متغیر اثرگذار بر کارایی فنی
- انجام مطالعه برای سال‌های جدید با سفارش و خرید داده‌ها از مرکز آمار ایران
- انجام مطالعه در سطح کدهای ۴ رقمی آیسیک با سفارش و خرید داده‌ها از مرکز آمار ایران
- انجام مطالعه با رویکرد تابع هزینه
- برآورد تابع تقاضای نهاده‌های نیروی کار، سرمایه و انرژی

منابع

- بانک مرکزی ج.ا. ایران. اداره حساب‌های اقتصادی بانک مرکزی، برآورد موجودی سرمایه خالص اقتصاد ایران، سال‌های مختلف. بانک مرکزی ج.ا. ایران. حساب‌های ملی سالانه ایران. سال‌های مختلف.
- حکیمی‌پور، نادر و کامبیز هژبر کیانی (۱۳۸۷). تحلیل مقایسه‌ای بخش صنایع بزرگ در استان‌های ایران با استفاده از روش مرزی تصادفی، دانش و توسعه، شماره ۲۴.
- خسروی نژاد، علی‌اکبر (۱۴۰۲). برآورد و تحلیل روند موجودی سرمایه در صنایع کارخانه‌ای ایران، تهران: مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری.
- زراءنژاد، منصور و الهه انصاری (۱۳۸۶). اندازه‌گیری بهره‌وری سرمایه در صنایع بزرگ استان خوزستان. بررسی‌های اقتصادی. سال چهارم، شماره ۴.
- زراءنژاد، منصور، خداداد کاشی، فرهاد و رضایوسفی حاجی‌آباد (۱۳۹۱). ارزیابی کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای ایران. اقتصاد مقداری. سال نهم، شماره ۲.
- شاه‌آبادی، ابوالفضل (۱۳۸۴). منابع رشد بخش صنایع و معادن اقتصاد ایران. جستارهای اقتصادی، سال ششم، شماره ۴، ۸۲-۵۸.
- منصور کوپایی، فاطمه (۱۳۷۰). برآورد تابع تولید در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی.
- مرکز آمار ایران. نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸.
- موسایی، معصومه و خالد عبدالرحیم (۱۳۸۸). تحلیل کارایی در صنایع ایران. اقتصاد مقداری، سال ششم، شماره ۲.
- Aigner, D.J. Lovell, C.A.K., & P. Schmidt (1997). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, (6):21-37.
- Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (2004). Economic growth. The MIT Press.
- Battese, G.E., & G.S. Corra (1977). Estimation of a production frontier model: With application to the Pastrul Zone of Eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21.
- Battese, G.E., & T.J. Coelli (1992). Frontier production function, technical efficiency and panel data with application to paddy farmers in India. *Journal of productivity Analysis*, 3.
- Battese, G.E., & T.J. Colli (1988). Prediction of firm level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data. *Journal of Econometrics*, 38.
- Battese. G.E. Colli, T.J., & T.C. Colby (1989). Estimation of frontier production function and efficiencies of Indian farms using panel data from ICR ISAT'S Village Level Studie. *Journal of Quantitative Economics*, no. 33.
- Coelli, T. (1996) A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation, CEPA Working Paper 96/08, <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/frontier.htm>, University of New England.
- Christensen, L. R., D. W. Jorgenson, and L. J. Lau (1973). "Transcendental Logarithmic Production Fontiers" Review of Economics and Statistics, Vol. 55, pp. 28-45.
- Chow, G. C. (1993). Capital formation and economic growth in China. *The Quarterly Journal of Economics*.

- Chow, G. C., & Kui-Wai L. (2002). China's economic growth: 1952–2010. The University of Chicago.
- Coelli, T.J., & Rao, D.S.P., O'Donnell, C.J., & Battese, G.E (1998). An introduction to efficiency and productivity analysis, Kluwer Academic Publishers.
- Diewert W. (2009). The challenge of technical efficiency measurement. International Productivity Monitor.
- Hirshleifer, Jack, (1980). "*Price Theory and Application*", Prentice-Hall (Englewood Cliffs, N.J.).
- Farrell, M. J. (1957), "The Measurment of Productive Efficiency." *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120, No. 3, pp. 253-290.
- Giovannini, E., & Nezu (2001). Measurements of aggregate and industry-level efficiency in OECD countries. Oecd Manual.
- Hayek, Friedrich, (1948). Individualism and Economic Order, Routledge press, UK.
- Mankiw, G. N., R., & David Weil (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *Quarterly Journal of Economics* May.
- Meeusen, W., & Vam den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from cobb-douglas production function with composed error. *International Economic Review*, Vol. 18, pp. 435-444.
- Pitt M., & Lee L. F. (1981). The measurement of sources of technical inefficiency in the indonesian weavig industry. *Journal of Development Economics*, 9: 43-64.
- Prabowo, Handono E. T., & Cabanda, E. (2011). Stochastic frontier analysis of Indonesian firm efficiency: A Note, *International Journal of Banking and Finance*, 8: 74-93.
- Sumanth, D. (1985). Productivity Engineering and Management. New York, NY.: McGraw-Hill.

پیوست

(جدول‌های کارایی فنی)

جدول ۱۷: کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای کدهای ۱۰ تا ۱۷ برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ (درصد)

میانگین صنایع	کاغذ و فراورده‌ها	چوب و فراورده‌ها	چرم	پوشاک	منسوجات	توتون و تنباکو	آشامیدنی‌ها	فراآورده‌های غذایی	صنعت سال
	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	کد آیسیک
۱۳۶۷	۸.۶۸	۱۱.۶۱	۹.۹۷	۱۱.۵۸	۵.۳۲	۱۷.۷۲	۱۱.۴۶	۹.۴۲	۱۳۸۱
۱۴۶۸	۹.۵۴	۱۲.۶۲	۱۰.۹۰	۱۲.۵۸	۵.۹۷	۱۸.۹۵	۱۲.۴۷	۱۰.۳۲	۱۳۸۲
۱۵.۷۴	۱۰.۴۵	۱۳.۶۸	۱۱.۸۷	۱۳.۶۴	۶.۶۵	۲۰.۲۱	۱۳.۵۱	۱۱.۲۷	۱۳۸۳
۱۶.۸۳	۱۱.۴۱	۱۴.۷۷	۱۲.۸۹	۱۴.۷۳	۷.۳۹	۲۱.۵۰	۱۴.۶۰	۱۲.۲۷	۱۳۸۴
۱۷.۹۶	۱۲.۴۱	۱۵.۹۱	۱۳.۹۶	۱۵.۸۶	۸.۱۸	۲۲.۸۱	۱۵.۷۳	۱۳.۳۱	۱۳۸۵
۱۹.۱۲	۱۳.۴۵	۱۷.۰۸	۱۵.۰۷	۱۷.۰۴	۹.۰۱	۲۴.۱۶	۱۶.۹۰	۱۴.۳۹	۱۳۸۶
۲۰.۳۲	۱۴.۵۴	۱۸.۲۹	۱۶.۲۱	۱۸.۲۵	۹.۸۹	۲۵.۵۲	۱۸.۱۱	۱۵.۵۱	۱۳۸۷
۲۱.۵۵	۱۵.۶۷	۱۹.۵۴	۱۷.۴۰	۱۹.۴۹	۱۰.۸۲	۲۶.۹۱	۱۹.۳۵	۱۶.۶۷	۱۳۸۸
۲۲.۸۰	۱۶.۸۳	۲۰.۸۱	۱۸.۶۲	۲۰.۷۶	۱۱.۷۹	۲۸.۳۱	۲۰.۶۲	۱۷.۸۷	۱۳۸۹
۲۴.۰۸	۱۸.۰۳	۲۲.۱۲	۱۹.۸۷	۲۲.۰۷	۱۲.۸۱	۲۹.۷۳	۲۱.۹۲	۱۹.۱۰	۱۳۹۰
۲۵.۳۹	۱۹.۲۷	۲۳.۴۵	۲۱.۱۵	۲۳.۴۰	۱۳.۸۷	۳۱.۱۶	۲۳.۲۴	۲۰.۳۷	۱۳۹۱
۲۶.۷۱	۲۰.۵۴	۲۴.۸۰	۲۲.۴۶	۲۴.۷۵	۱۴.۹۷	۳۲.۶۰	۲۴.۶۰	۲۱.۶۶	۱۳۹۲
۲۸.۰۶	۲۱.۸۴	۲۶.۱۸	۲۳.۸۰	۲۶.۱۳	۱۶.۱۲	۳۴.۰۵	۲۵.۹۷	۲۲.۹۹	۱۳۹۳
۲۹.۴۲	۲۳.۱۷	۲۷.۵۷	۲۵.۱۶	۲۷.۵۲	۱۷.۳۰	۳۵.۵۰	۲۷.۳۶	۲۴.۳۳	۱۳۹۴
۳۰.۸۰	۲۴.۵۲	۲۸.۹۹	۲۶.۵۵	۲۸.۹۳	۱۸.۵۲	۳۶.۹۵	۲۸.۷۷	۲۵.۷۰	۱۳۹۵
۳۲.۱۹	۲۵.۸۹	۳۰.۴۱	۲۷.۹۴	۳۰.۳۶	۱۹.۷۷	۳۸.۴۰	۳۰.۱۹	۲۷.۰۹	۱۳۹۶
۳۳.۵۹	۲۷.۲۸	۳۱.۸۵	۲۹.۳۶	۳۱.۷۹	۲۱.۰۵	۳۹.۸۵	۳۱.۶۳	۲۸.۵۰	۱۳۹۷
۳۴.۹۹	۲۸.۶۹	۳۳.۲۹	۳۰.۷۹	۳۳.۲۴	۲۲.۳۶	۴۱.۳۰	۳۳.۰۷	۲۹.۹۲	۱۳۹۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۸: کارایی فنی صنایع کارخانه‌های کدهای ۱۸ تا ۲۵ برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ (درصد)

کد آیسیک	صنعت سال	رسانه‌های ضبط شده	کک و فراورده‌ها	مواد شیمیایی و فراورده‌ها	داروها و فراورده‌ها	لاستیک و پلاستیک	سایر فراورده‌های معدنی غیرفلزی	فلزات پایه	محصولات فلزی ساخته شده، به جز ماشین‌آلات و تجهیزات	میانگین صنایع
۲۵	۲۴	۲۳	۲۲	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵
۱۳۸۱	۱۱.۸۲	۵۰.۸۲	۱۹.۷۲	۲۰.۶۷	۷.۴۸	۷.۴۰	۱۷.۵۰	۸.۰۴	۱۳.۶۷	۱۳.۶۷
۱۳۸۲	۱۲.۸۴	۵۲.۱۷	۲۱.۰۰	۲۱.۹۷	۸.۲۷	۸.۱۹	۱۸.۷۲	۸.۸۷	۱۴.۶۸	۱۴.۶۸
۱۳۸۳	۱۳.۹۱	۵۳.۴۹	۲۲.۳۰	۲۳.۳۰	۹.۱۱	۹.۰۲	۱۹.۹۷	۹.۷۴	۱۵.۷۴	۱۵.۷۴
۱۳۸۴	۱۵.۰۱	۵۴.۸۰	۲۳.۶۴	۲۴.۶۵	۹.۹۹	۹.۹۰	۲۱.۲۶	۱۰.۶۶	۱۶.۸۳	۱۶.۸۳
۱۳۸۵	۱۶.۱۵	۵۶.۰۹	۲۴.۹۹	۲۶.۰۲	۱۰.۹۳	۱۰.۸۳	۲۲.۵۷	۱۱.۶۲	۱۷.۹۶	۱۷.۹۶
۱۳۸۶	۱۷.۳۴	۵۷.۳۵	۲۶.۳۷	۲۷.۴۱	۱۱.۹۱	۱۱.۸۰	۲۳.۹۱	۱۲.۶۳	۱۹.۱۲	۱۹.۱۲
۱۳۸۷	۱۸.۵۵	۵۸.۶۰	۲۷.۷۷	۲۸.۸۲	۱۲.۹۳	۱۲.۸۲	۲۵.۲۷	۱۳.۶۹	۲۰.۳۲	۲۰.۳۲
۱۳۸۸	۱۹.۸۰	۵۹.۸۲	۲۹.۱۸	۳۰.۲۴	۱۳.۹۹	۱۳.۸۹	۲۶.۶۵	۱۴.۷۸	۲۱.۵۵	۲۱.۵۵
۱۳۸۹	۲۱.۰۹	۶۱.۰۲	۳۰.۶۱	۳۱.۶۸	۱۵.۱۰	۱۴.۹۹	۲۸.۰۵	۱۵.۹۲	۲۲.۸۰	۲۲.۸۰
۱۳۹۰	۲۲.۴۰	۶۲.۲۰	۳۲.۰۴	۳۳.۱۲	۱۶.۲۵	۱۶.۱۳	۲۹.۴۷	۱۷.۱۰	۲۴.۰۸	۲۴.۰۸
۱۳۹۱	۲۳.۷۳	۶۳.۳۵	۳۳.۴۹	۳۴.۵۷	۱۷.۴۴	۱۷.۳۱	۳۰.۹۰	۱۸.۳۱	۲۵.۳۹	۲۵.۳۹
۱۳۹۲	۲۵.۰۹	۶۴.۴۸	۳۴.۹۴	۳۶.۰۲	۱۸.۶۶	۱۸.۵۳	۳۲.۳۳	۱۹.۵۵	۲۶.۷۱	۲۶.۷۱
۱۳۹۳	۲۶.۴۷	۶۵.۵۸	۳۶.۳۹	۳۷.۴۷	۱۹.۹۱	۱۹.۷۸	۳۳.۷۸	۲۰.۸۳	۲۸.۰۶	۲۸.۰۶
۱۳۹۴	۲۷.۸۷	۶۶.۶۶	۳۷.۸۴	۳۸.۹۲	۲۱.۲۰	۲۱.۰۶	۳۵.۲۳	۲۲.۱۳	۲۹.۴۲	۲۹.۴۲
۱۳۹۵	۲۹.۲۹	۶۷.۷۱	۳۹.۲۹	۴۰.۳۷	۲۲.۵۱	۲۲.۳۸	۳۶.۶۸	۲۳.۴۷	۳۰.۸۰	۳۰.۸۰
۱۳۹۶	۳۰.۷۱	۶۸.۷۴	۴۰.۷۴	۴۱.۸۲	۲۳.۸۵	۲۳.۷۱	۳۸.۱۴	۲۴.۸۲	۳۲.۱۹	۳۲.۱۹
۱۳۹۷	۳۲.۱۵	۶۹.۷۴	۴۲.۱۸	۴۳.۲۵	۲۵.۲۱	۲۵.۰۷	۳۹.۵۹	۲۶.۲۰	۳۳.۵۹	۳۳.۵۹
۱۳۹۸	۳۳.۶۰	۷۰.۷۲	۴۳.۶۲	۴۴.۶۸	۲۶.۵۹	۲۶.۴۵	۴۱.۰۳	۲۷.۵۹	۳۴.۹۹	۳۴.۹۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۹: کارایی فنی صنایع کارخانه‌های کدهای ۲۶ تا ۳۳ برای سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ (درصد)

کد آیسیک	صنعت سال	محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری	تجهیزات برقی	ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	وسایل نقلیه موتوری، تریلر ونیم تریلر	سایر تجهیزات حمل و نقل	تولید مبلمان	سایر مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	تعمیر و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات	میانگین صنایع
۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳	۳۴	۳۵	۳۶
۱۳۸۱	۱۳.۲۲	۱۲.۸۱	۱۰.۲۲	۱۵.۶۶	۱۱.۴۵	۸.۷۶	۸.۸۵	۱۷.۸۷	۱۳.۶۷	۱۳.۶۷
۱۳۸۲	۱۴.۳۰	۱۳.۸۷	۱۱.۱۷	۱۶.۸۲	۱۲.۴۶	۹.۶۳	۹.۷۲	۱۹.۱۰	۱۴.۶۸	۱۴.۶۸
۱۳۸۳	۱۵.۴۲	۱۴.۹۸	۱۲.۱۶	۱۸.۰۲	۱۳.۵۰	۱۰.۵۴	۱۰.۶۴	۲۰.۳۷	۱۵.۷۴	۱۵.۷۴
۱۳۸۴	۱۶.۵۸	۱۶.۱۲	۱۳.۱۹	۱۹.۲۶	۱۴.۵۹	۱۱.۵۰	۱۱.۶۱	۲۱.۶۶	۱۶.۸۳	۱۶.۸۳

۱۷.۹۶	۲۲.۹۸	۱۲.۶۲	۱۲.۵۰	۱۵.۷۲	۲۰.۵۳	۱۴.۲۷	۱۷.۳۰	۱۷.۷۷	۱۳۸۵
۱۹.۱۲	۲۴.۳۳	۱۳.۶۷	۱۳.۵۵	۱۶.۸۹	۲۱.۸۳	۱۵.۳۸	۱۸.۵۱	۱۹.۰۰	۱۳۸۶
۲۰.۳۲	۲۵.۷۰	۱۴.۷۷	۱۴.۶۴	۱۸.۰۹	۲۳.۱۵	۱۶.۵۴	۱۹.۷۶	۲۰.۲۶	۱۳۸۷
۲۱.۵۵	۲۷.۰۸	۱۵.۹۰	۱۵.۷۷	۱۹.۳۳	۲۴.۵۰	۱۷.۷۳	۲۱.۰۵	۲۱.۵۶	۱۳۸۸
۲۲.۸۰	۲۸.۴۹	۱۷.۰۸	۱۶.۹۴	۲۰.۶۰	۲۵.۸۷	۱۸.۹۶	۲۲.۳۵	۲۲.۸۸	۱۳۸۹
۲۴.۰۸	۲۹.۹۱	۱۸.۲۹	۱۸.۱۵	۲۱.۹۰	۲۷.۲۶	۲۰.۲۲	۲۳.۶۹	۲۴.۲۲	۱۳۹۰
۲۵.۳۹	۳۱.۳۴	۱۹.۵۳	۱۹.۳۹	۲۳.۲۳	۲۸.۶۷	۲۱.۵۲	۲۵.۰۵	۲۵.۵۹	۱۳۹۱
۲۶.۷۱	۳۲.۷۸	۲۰.۸۱	۲۰.۶۶	۲۴.۵۸	۳۰.۰۹	۲۲.۸۴	۲۶.۴۳	۲۶.۹۸	۱۳۹۲
۲۸.۰۶	۳۴.۲۳	۲۲.۱۱	۲۱.۹۷	۲۵.۹۵	۳۱.۵۲	۲۴.۱۸	۲۷.۸۳	۲۸.۳۸	۱۳۹۳
۲۹.۴۲	۳۵.۶۸	۲۳.۴۴	۲۳.۲۹	۲۷.۳۵	۳۲.۹۷	۲۵.۵۵	۲۹.۲۴	۲۹.۸۰	۱۳۹۴
۳۰.۸۰	۳۷.۱۳	۲۴.۸۰	۲۴.۶۵	۲۸.۷۵	۳۴.۴۱	۲۶.۹۴	۳۰.۶۷	۳۱.۲۳	۱۳۹۵
۳۲.۱۹	۳۸.۵۸	۲۶.۱۷	۲۶.۰۲	۳۰.۱۸	۳۵.۸۷	۲۸.۳۴	۳۲.۱۱	۳۲.۶۷	۱۳۹۶
۳۳.۵۹	۴۰.۰۳	۲۷.۵۷	۲۷.۴۲	۳۱.۶۱	۳۷.۳۲	۲۹.۷۶	۳۳.۵۵	۳۴.۱۲	۱۳۹۷
۳۴.۹۹	۴۱.۴۸	۲۸.۹۸	۲۸.۸۳	۳۳.۰۵	۳۸.۷۷	۳۱.۱۹	۳۵.۰۰	۳۵.۵۷	۱۳۹۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش