

فصلنامه پژوهشهای اقتصادی - سال نهم - شماره چهارم - زمستان ۱۳۸۸ - صفحات ۱۵۷-۱۳۷

## تحلیل روند تغییر تکنولوژی در صنعت سیمان ایران<sup>۱</sup>

کاظم یاوری<sup>۲</sup>

نادر دشتی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۲۷

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۹

### چکیده

در این مقاله، روند و اریب تغییر تکنولوژی در صنعت سیمان ایران با استفاده از رهیافت تابع هزینه دوگان مورد مطالعه قرار گرفت. این رهیافت در برآورد ساختار تقاضای عوامل با وجود تغییرات قیمت نهاده‌ها و وضعیت تکنولوژی، مفید شناخته شده است. یک تابع هزینه ترانسلوگ به همراه سیستم معادلات سهم هزینه با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده، برای دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۵۵ به روش سیستم معادلات به ظاهر نامرتبط (SURE)<sup>۴</sup> برآورد گردید.

نتایج نشان داد، نرخ تغییر تکنولوژی طی دوره مورد مطالعه ۱/۱۲- درصد بوده است. یعنی با گذشت زمان، نرخ تغییر هزینه واحدهای تولیدی کاهش یافته است. علاوه بر این، تغییر تکنولوژی در جهت استفاده بیشتر از انرژی و استفاده کمتر از عوامل نیروی کار، سرمایه و مواد بوده است.

**واژگان کلیدی:** بهره‌وری، تغییر تکنولوژی، تابع ترانسلوگ، صنعت، سیمان.

طبقه بندی JEL : O33

---

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری علوم اقتصادی نادر دشتی تحت عنوان تخمین و تحلیل تغییر تکنولوژی در صنعت ایران می‌باشد که به راهنمایی دکتر کاظم یاوری و حمایت مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور انجام شده است.

۲. دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس

۳. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس

Email: dashti\_n@yahoo.com

3. Seemingly Unrelated Regression Equations

## ۱- مقدمه

تولید سیمان در ایران در سال ۱۳۱۲ در شهر ری و با ظرفیت تولید ۱۰۰ تن در روز آغاز گردید و در سالهای بعد با ایجاد کارخانجات دیگر و به کارگیری نمادهای مختلف تکنولوژی گسترش پیدا نمود؛ به گونه‌ای که در حال حاضر ۵۷ کارخانه سیمان با ۸۴ خط تولید در صنعت سیمان کشور فعال می‌باشند. علی‌رغم افزایش کمی کارخانه‌های تولید سیمان طی سالیان گذشته، به دلایل متعدد، استفاده کارا از منابع مرتبط رشد چشمگیری نداشته، به طوری که گفته می‌شود از بخشی از ظرفیتهای بالقوه کشور بهره‌گیری نشده است.

به طور کلی مقایسه میزان تولیدات و تعداد کارخانه‌های موجود در صنعت سیمان کشور، نشان می‌دهد که مشکل کشور ما، نه در تعداد کارخانه‌ها، بلکه در بهره‌وری پایین عوامل تولید، عدم بهره‌گیری از تکنولوژی مدرن، ضعف در مدیریت واحدها، عدم شناخت عوامل مؤثر بر تولید و درجه اهمیت نسبی آنها، عمر بالای ماشین‌آلات برخی کارخانجات و... می‌باشد (دادرس، ۱۳۷۸). به همین دلیل، انجام پژوهشهای اقتصادی در زمینه تحلیل تغییر تکنولوژی و بهبود بهره‌وری در تولید سیمان در راستای بهره‌گیری بهینه از منابع موجود، اجتناب‌ناپذیر و منطقی می‌نماید.

مطالعات صورت گرفته در زیربخش‌های گوناگون اقتصاد بویژه در سطوح مختلف بخش صنعت نیز مؤید آن است که با عنایت به اهمیت و نقش انکارناپذیر تغییرات تکنولوژی در بهبود بهره‌وری، می‌توان گفت که در دوره بعد از جنگ جهانی دوم، تغییرات فنی، یکی از پررشدترین عرصه‌های پژوهش در اقتصاد بوده است (امامی میبیدی، ۱۳۷۹). همچنین در سی سال گذشته، تعیین اندازه و جهت تغییرات تکنولوژی، موضوع تلاشهای پژوهشی فراوانی بوده است. در مورد گرایش فزاینده به این قبیل تحقیقات به دو دلیل اصلی زیر می‌توان اشاره نمود:

نخست، در کشورهای پیشرفته، افزایش مقدار عرضه محصولات صنعتی نسبت به تقاضای این محصولات منجر به کاهش قیمتها و درآمدهای بخش صنعتی و بروز مسائل نامطلوب در این بخش گردیده است. این امر موجب شد که توجه اقتصاددانان، به علل این رشد معطوف شود که تغییرات فنی، یکی از علل و در واقع علت اصلی آن بود.

دوم، کشورهای در حال توسعه با مشکلاتی همانند کمبود مواد صنعتی موردنیاز روبرو بودند. در نتیجه، تغییر فنی به عنوان موتور اصلی رشد بهره‌وری مورد توجه قرار گرفت (هایامی، ۱۹۹۹).

تغییر تکنولوژی در تولید سیمان نیز یکی از منابع اصلی رشد بهره‌وری محسوب می‌شود. در این میان، شناخت تکنولوژی حاکم بر صنعت سیمان، جهت و نرخ رشد آن برای کمک به اصلاح و تقویت وضعیت صنعت فوق و ارائه تحلیلهای مبتنی بر اصول اقتصادی، شایسته توجه و قابل تامل

به نظر می رسد. در همین راستا هدف اصلی این مقاله، تحقیق پیرامون ابعاد مختلف تغییر تکنولوژی در صنعت سیمان می باشد.

## ۲- مفهوم تغییر تکنولوژی

تکنولوژی (فناوری) معمولاً به دانش استفاده و تولید ماشین و تجهیزات سرمایه‌ای گفته می‌شود یا به صورت جامع‌تر، تکنولوژی عبارت است از تمام مهارت‌ها، دانش‌ها و روندهای تولید، استفاده و انجام کارهای مفید برای ارتقای سطح زندگی جامعه بشری. بنابراین، تکنولوژی تمام روشهایی را که به دلیل وجود دانش علمی توسعه داده شده‌اند، در برمی‌گیرد (قره باغیان، ۱۳۷۱).

تعاریف مختلفی از تغییر تکنولوژی ارائه شده است. این اصطلاح بنا به یکی از تعاریف عبارت است از تغییر فرایند تولید در اثر کاربرد دانش علمی، همچنین به صورت تولید ستاده بیشتر با مقدار مشخصی از منابع، تغییر پارامترهای تابع تولید با ایجاد یک تابع تولید جدید، بهبود دستوالعمل ترکیب مواد خام (Romer, 1990)، حرکت به سمت داخل در فضای نهاده‌ای مرز همسان تولید (Stevenson, 1980)، جا به جایی تابع تولید در صورت ثابت بودن مقادیر تمامی نهاده‌ها و نهایتاً، پیشرفت روشهای تولید ناشی از دانش علمی بشر تعریف شده است.

البته در جا به جایی تابع تولید، بیشتر جا به جایی به سمت بیرون مدنظر می‌باشد که همان «پیشرفت فنی»<sup>۱</sup> است. در غیر این صورت «پسرفت فنی»<sup>۲</sup> پدیدار می‌شود. به هر صورت، تغییر فنی معمولاً معادل پیشرفت فنی (یا فناوری) در نظر گرفته می‌شود.

اقتصاددانان نئوکلاسیک به دو مفهوم جانشینی عوامل و تغییر فنی توجه دارند. جانشینی عوامل به معنی تغییر در ترکیب نهاده‌های به کار گرفته شده در سطح تولید معین قبلی است؛ در حالی که تغییر فنی به منزله کاهش در مقدار ملزومات نهاده‌ای برای همان سطح تولید معین قبلی است یا اینکه محصول بیشتر در همان سطح قبلی منابع حاصل می‌شود (قره باغیان و همایونی فر، ۱۳۸۰).

## ۳- انواع تغییر تکنولوژی

از جنبه‌های مختلف، طبقه‌بندی‌های متفاوتی از تغییر فنی وجود دارد. از حیث جهت و تمایل به اریب و خنثی (ناریب)<sup>۱</sup>، از جنبه ماهیت به مجسم و نامجسم<sup>۲</sup>، از بعد منشأ برونزا و درونزا (القایی)<sup>۳</sup> و از حیث تاثیر بر کارآیی نهاده به تقویت کننده نهاده‌های<sup>۴</sup> مختلف تقسیم می‌شود.

1. Technical Progress
2. Technical Regress

### ۳-۱- تغییر تکنولوژی اریب و خنثی

در مورد تأثیر پیشرفتهای فنی بر رشد اقتصادی، دو نوع تئوری وجود دارد. یک گروه، تغییرات فنی را خنثی فرض کرده و گروه دیگر، نقش فعالی برای آن در نظر می‌گیرند. اعتقاد بر این است که تغییر تکنولوژی بر بهره‌وری نهایی نهاده اثر می‌گذارد. اگر بهره‌وری نهایی دو نهاده به یک نسبت تحت تأثیر قرار گیرد، نرخ نهایی جانشینی فنی (MRTS)<sup>۵</sup> بین دو نهاده در طول زمان تغییر نمی‌یابد؛ لذا تغییر تکنولوژی خنثی تلقی می‌شود و منحنی‌های هم محصول به طور موازی منتقل می‌شوند (Stevenson, 1980). بنابراین، تحولات فنی زمانی خنثی است که سرمایه اندوز و کار اندوز نباشد و زمانی غیر خنثی است که سرمایه اندوز و کاراندوز باشد.

### ۳-۲- تغییر تکنولوژی تقویت کننده عامل (عامل افزا)

به طور کلی در مورد اینکه واقعاً تغییر فنی علاوه بر انتقال تابع تولید، چگونه بر تولید اثر می‌گذارد، کمتر بحث شده است. یک ایده درباره تغییر فنی این است که تغییر فنی کارآیی نهاده را بهبود می‌بخشد. این مورد علاوه بر آن است که باعث انتقال تابع تولید می‌شود. این مفهوم غالباً به تغییر فنی عامل افزا یا تقویت کننده عامل معروف است و به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$y = f(\bar{x}(x, t), t) \quad (1)$$

این نماد بر آن دلالت دارد که تولید، بستگی به یک بردار نهاده‌ای موثر  $\bar{x}(x, t)$  دارد و خود آن بستگی به وضعیت فناوری و همچنین مقدار واقعی به کارگیری نهاده  $x$  دارد. مفهوم تغییر فنی عامل افزا این است که کیفیت نهاده با گذشت زمان تغییر پیدا می‌کند؛ به طوری که مثلاً استخدام یک واحد نیروی کار در سال اول، لزوماً واحدهای کار مؤثر مشابه سال دوم را به بار نمی‌آورد. بنابراین، گذشت زمان اثر بخشی نهاده را بهبود می‌بخشد. ولی می‌باید توجه داشت که این مورد همان تغییر فنی مجسم نمی‌باشد؛ زیرا رابطه ایستای بین تولید، نهاده و زمان هنوز وجود دارد. لذا جوهره اصلی نهاده تغییر نمی‌یابد؛ ولی اثر بخشی آن نهاده در طول زمان تغییر می‌یابد.

- 
1. Bias and Neutral
  2. Embodied and Disembodied
  3. Autonomous and Induced
  4. Factor Augmenting
  5. Marginal Rate of Technical Substitution

### ۳-۳- تغییر تکنولوژی مجسم و نامجسم

سولو معتقد بود تغییر تکنولوژی فقط از طریق سرمایه‌گذاری ایجاد می‌شود. به عبارت دیگر، تکنولوژی جدید عملاً در سرمایه‌تلور یافته است. بدین ترتیب، تحولات فنی مجسم زمانی رخ می‌دهد که تغییراتی در شکل عوامل تولید رخ دهد (مانند ماشین‌های جدید و مجهزتر و کارگران ماهر) و ویژگی مهم آن، تغییر در سرمایه ثابت است (Intriligator, 1965). تغییر فنی که به بهبود و توسعه دانش مربوط بوده و طی آن از نهاده‌های موجود به شکل کارا تر و بهتر استفاده می‌گردد، تغییر تکنولوژی نامجسم نامیده می‌شود. پس، در تحولات فنی نامجسم، تغییراتی در شکل عوامل تولید (خصوصاً ذخیره سرمایه) رخ نمی‌دهد. تغییر فنی نامجسم به میزان نرخ یادگیری بستگی دارد (امینی، ۱۳۷۹).

### ۳-۴- تئوری نوآوری القایی<sup>۱</sup>

تغییر فنی القایی ریشه در نوآوری‌ها یا اختراعات درونزا یا انگیخته دارد. درونزا بودن پاره‌ای از اختراعات نیز حداقل از دهه ۱۹۲۰ مورد توجه مورخان و اقتصاددانان قرار گرفته است و در حال حاضر، بیش از صد آزمون تجربی برای فرضیه نوآوری القایی وجود دارد. این فرضیه بدان معنی است که رابطه بلند مدتی بین جهت تغییرات فنی و شاخصی از کمیایی عوامل مانند قیمت‌های نسبی وجود دارد (Thirtle et al., 1998).

مفهوم اختراع<sup>۲</sup> یا نوآوری القایی که عمدتاً به مفهوم اثر تغییر قیمت‌های نسبی بر ماهیت اختراع تلقی می‌شود، توسط هیکس مطرح گردید (Ahmad, 1966). وی سازوکاری را فرض می‌کند که در آن، در صورت فراوان‌تر شدن نسبی یک نهاده (مانند سرمایه) نسبت به نهاده‌های دیگر (مانند نیروی کار) موجب انگیزش تغییر تکنولوژی به سمت استفاده بیشتر از نهاده فراوان‌تر می‌گردد. چنین تغییر آریبی در تکنولوژی از تلاشهای کارفرمایان سودجو برای کاهش هزینه‌های تولید به وسیله جایگزینی نهاده‌های نسبتاً فراوانتر (و بالطبع ارزانتر) به جای نهاده‌های کمیاب‌تر (و گرانتر) ناشی می‌گردد (Hayami and Ruttan, 1970).

چنانچه ملاحظه می‌شود طبق نظریه هیکس، تغییر در قیمت‌های نسبی عوامل، تمایلی را برای یک تغییر فنی کارافزا یا سرمایه‌افزا القا می‌کند و این تغییر فنی القا شده قاعدتاً تعادل‌های اقتصادی را متاثر می‌سازد. به همین دلیل در این مطالعه، بر مفهوم به کار رفته توسط هیکس تأکید بیشتری می‌گردد.

1. Induced Innovation
2. Invention

## ۴- پیشینه تحقیق

با توجه به اهمیت استفاده از ایده‌های نوین و تکنولوژی‌های پیشرفته در فرایند توسعه اقتصادی، مطالعات متعددی در زمینه تغییر تکنولوژی صورت گرفته است. در این بین تحقیقات صورت گرفته در خارج از کشور بسیار گسترده‌تر از مطالعات انجام گرفته در داخل کشور می‌باشد. به نظر می‌رسد که در نتیجه این مطالعات، یک توافق عمومی - مبنی بر اینکه یک استراتژی توسعه اقتصادی موثر، بویژه در مراحل اولیه رشد اقتصادی، عمیقاً به تغییر سریع در تکنولوژی وابسته است - حاصل شده است.

سولو (Solow, 1957) در مطالعه‌ای با عنوان تغییر تکنولوژی و تابع تولید جمعی، از یک روش ابتدایی و ساده برای جداسازی تغییرات ستاده سرانه در اثر تغییر فنی از تغییرات ستاده ناشی از تغییر موجودی سرمایه سرانه پرداخت. نتایج حاصل از به کارگیری الگو و تخمین روابط نشان داد که تغییرات فنی در طول دوره ۱۹۴۹-۱۹۰۹ خنثی، ضمن اینکه ۸۷/۵ درصد افزایش تولید سرانه کارگر ناشی از تغییر تکنولوژی و ۱۲/۵ درصد ناشی از افزایش سرمایه بوده است.

اینتریلیگیتور (Intriligator, 1965) به تکمیل و توسعه کارهای سولو پرداخته است. وی نیز یک تابع تولید جمعی کاب داگلاس دارای بازده ثابت به مقیاس برای اقتصاد آمریکا در نظر گرفته و برای ارتباط تولید بالفعل و تولید بالقوه از نرخ بیکاری بهره گرفته است. وی از داده‌های مربوط به سالهای ۱۹۲۹-۵۸ آمریکا استفاده نمود. نتیجه‌گیری نامبرده آن است که پیشرفت فنی مجسم و نامجسم را نمی‌توان به تنهایی در نظر گرفت و مطالعه همزمان آنها ضروری می‌باشد. برآوردها نشان داد که پیشرفت نامجسم فنی برابر ۱/۶۷ درصد در سال و پیشرفت مجسم فنی در سرمایه سالانه ۴ درصد و نیروی کار، بدون تغییر کیفی می‌باشد.

مک کارتی (McCarthy, 1965) نیز در راستای توسعه مدل‌های سولو کوشش نموده است. وی نخستین بار به ارائه پیشرفت فنی در چارچوب تابع تولید کشش جانشینی ثابت<sup>۱</sup> (CES) پرداخت. به نظر وی مدل CES عمومی‌تر از مدل کاب داگلاس است؛ زیرا حداقل کشش جانشینی را برابر واحد فرض نمی‌کند. در مدل کاب داگلاس، پیشرفت فنی، تأثیری بر کشش تولید نیروی کار و سرمایه ندارد. همچنین نمی‌توان پیشرفت فنی مجسم را از پیشرفت فنی نامجسم تفکیک نمود. در صورتی که در مدل CES نسبت کشش تولید سرمایه به کشش تولید کار متأثر از نرخ پیشرفت مجسم است. ضمن اینکه می‌توان ستاده هر واحد کار را به صورت تابعی از تولید نهایی کار و یک عامل جا به جایی زمانی (نشانگر صرف پیشرفت نامجسم) نشان داد. براساس نتیجه‌گیری وی،

## 1. Constant Elasticity of Substitution

بهبودهای مجسم در تجهیزات فیزیکی جدید کاملاً سرمایه‌افزا می‌باشند؛ یعنی می‌توان آنها را به عنوان افزایش در مقدار سرمایه تلقی نمود. بدین ترتیب، می‌توان گفت که پیشرفت فنی مجسم اریب می‌باشد؛ چرا که بر تولیدهای نهایی نسبی کار و سرمایه اثر می‌گذارد. بنابراین، در صورت محدود کردن اثر پیشرفت فنی به حالت خنثی، امکان پیشرفت فنی مجسم از بین می‌رود.

جرگنسون (Jorgenson, 1966) فرضیات مطالعات مک کارتی را در مورد ثابت بودن نرخ تغییر فنی مجسم و جایگزینی کامل کالاهای مصرفی و سرمایه‌گذاری را در تولید از سوی سولو، زیر سؤال برده و الگویی برای تغییر فنی مجسم ارائه داد که فاقد این فرض محدودکننده می‌باشد. به نظر وی، تفاوت نتایج حاصل از مدل‌ها و تغییر فنی مجسم و نامجسم ناشی از وجود مدل‌ها نبوده بلکه در فروض متفاوت آنها در مورد واقعیت‌ها نهفته است. وی در ادامه، چارچوب نظری ساده‌ای که حاوی هر دو نوع تغییر فنی است، ارائه می‌دهد. الگوی وی شامل دو ستاده کالاهای مصرفی و سرمایه‌ای و دو نهاد کار و سرمایه می‌باشد. نامبرده نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل را به عنوان نرخ تغییر فنی نامجسم و نرخ رشد کیفیت کالاهای سرمایه‌ای را به عنوان نرخ تغییر فنی مجسم تفسیر می‌نماید. به نظر وی، تناظری یک‌به‌یک بین شاخص‌های نرخ تغییر فنی مجسم و نامجسم وجود دارد. از این رو، هرگز نمی‌توان یک نرخ مشخص رشد تغییر فنی مجسم را از نرخ رشد متناظر تغییر فنی نامجسم متمایز ساخت. برآورد و نتایج محاسبات در مورد بخش خصوصی آمریکا در دوره زمانی ۱۹۳۹-۵۹ بیانگر آن است که متوسط نرخ رشد تغییر فنی نامجسم، تقریباً برابر ۲/۴ درصد بوده و نرخ متناظر رشد تغییر فنی مجسم ۱۰/۱ درصد است که بسیار متفاوت از مقادیر مفروض سولو می‌باشد.

کانت و نائوتی‌یال (Kant and Nautiyal, 1997) ساختار تولید، جانشینی عوامل، تغییر تکنولوژی و بهره‌وری کل عوامل در صنعت کشتی‌سازی کانادا را با بهره‌گیری از تئوری دوگان تولید و هزینه، مورد مطالعه قرار داده‌اند. مطابق نتایج به دست آمده ساختار تولید همگن است؛ اما کثش جانشینی برابر واحد نمی‌باشد. در ضمن، نرخ تغییر تکنولوژی در طی دوره سی ساله مورد مطالعه منفی و تکنولوژی موردنظر کار و سرمایه‌اندوز و انرژی و موادبر بوده است.

نفر (Nafar, 1996) در مطالعه‌ای به برآورد رشد بهره‌وری کل عوامل تولید، تغییر تکنولوژی و بازده نسبت به مقیاس با بهره‌گیری از داده‌های پانل دوره زمانی ۱۹۷۱-۹۳ در صنایع کارخانه‌ای ایران پرداخته است. با فرض حداقل‌سازی هزینه در واحدهای تولیدی، تابع هزینه ترانسلوگ به همراه معادلات سهم هزینه با استفاده از روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تکراری، برآورد گردیده که نتایج نشان می‌دهد پیشرفت فنی در طول دوره زمانی موردنظر وجود داشته و اثرات

اجزاء تغییر تکنولوژی غیرخنثی و مقیاس‌افزا خیلی کوچک بوده، در حالی که اثر تغییر تکنولوژی خالص در تعیین جهت پیشرفت فنی کل، چشمگیرتر بوده است.

ماکین و رینن (Machin and Reenen, 1998) به بررسی تغییر تکنولوژی و ساختار مهارت نیروی کار آمریکا و شش کشور عضو OECD با بهره‌گیری از داده‌های مرکب (پانل) برای سالهای ۸۹-۱۹۷۳ اقدام نمودند. نتایج نشان داد پیشرفت تکنولوژی منجر به کاهش تقاضای نسبی نیروی کار غیرماهر خواهد شد؛ که این امر برای دهه ۱۹۸۰ نسبت به دهه ۱۹۷۰ از شدت بیشتری برخوردار می‌باشد.

راسمیوسن (Rasmussen, 2000) تغییر تکنولوژی و اقتصاد مقیاس را در کشاورزی دانمارک مورد مطالعه قرار داده است. بدین منظور از تابع هزینه ترانسلوگ چندمحصولی بهره گرفته شده که شامل پنج نهاد متغیر کود، بذر، نیروی کار، ماشین و سایر سرمایه و یک نهاد شبه ثابت زمین و دو گروه محصولات دامی و زراعی بوده است. با داشتن آمار و اطلاعات سالهای ۹۵-۱۹۷۳ مربوط به پنج اندازه متفاوت (۱۱۵ مشاهده) تابع هزینه ترانسلوگ چندمحصولی به همراه چهار معادله سهم هزینه به روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتب تکراری، برآورد گردید. نتایج نشان داد که تغییر تکنولوژی به طور قابل ملاحظه‌ای اتفاق افتاده است.

داتا و کریستوفرسن (Datta and Christoffersen, 2004) ساختار تولید و منابع کاهش هزینه در صنایع نساجی آمریکا را با به کارگیری چهارچوب هزینه دوگان برای دوره زمانی ۲۰۰۱-۱۹۵۳ مورد آزمون قرار دادند. یک تابع هزینه ترانسلوگ برای ارزیابی کشش‌های جانشینی بین نهاده‌ها، مقیاس اقتصادی و ماهیت تغییر تکنولوژی به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که نهاده‌های نیروی کار، سرمایه و مواد، جانشین هم هستند؛ لیکن در همه موارد، کشش‌های جانشینی کوچکتر از واحد است. نرخ تغییر تکنولوژی در محدوده زمانی موردنظر ۲/۴ درصد بوده است؛ یعنی هر ساله به طور متوسط نرخ کاهش هزینه تولید ۲/۴ درصد بوده، ضمن اینکه تغییر تکنولوژی، کاراندوز و سرمایه‌بر تشخیص داده شده است.

امینی (۱۳۷۹) تحولات فنی، کارآیی و بهره‌وری در صنعت خودروسازی ایران را با به کارگیری توابع اقتصادسنجی هزینه و تولید و تابع تولید مرزی برای دوره زمانی ۱۳۷۷-۱۳۵۵ مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که علی‌رغم نوسانات شدید، روند تحولات فنی و بهره‌وری در صنایع خودروسازی کشور، مثبت بوده و روند صعودی داشته، لیکن از نظر تغییرات، روندی آهسته را پیموده و صنایع خودروسازی از نظر کارآیی، از روند قابل قبولی برخوردار نبوده است.



## ۵- مبانی نظری و روش تحقیق

ارتباط بین ستاده و نهاده‌ها در فرایند تولید را تکنولوژی تولید می‌گویند که می‌توان آن را با یک تابع تولید نشان داد (Chambers, 1988). ساختار تولید و تغییر تکنولوژی در یک صنعت نظیر سیمان می‌تواند با به کارگیری تابع تولید یا تابع هزینه دوگان بررسی شود. برآورد مستقیم تابع تولید زمانی مناسب است که مقدار محصول به شکل درونزا مشخص شود؛ در حالی که برای مقدار برونزای تولید، تابع هزینه ترجیح داده می‌شود (Kant and Nautiyal, 1997). تئوری دوگان، این امکان را فراهم می‌سازد که تمامی اطلاعات مربوط به مقیاس و تقاضای نهاده‌ها به سهولت قابل محاسبه باشند (شرافت، ۱۳۷۵).

به منظور برآورد شکل تابعی مناسب از میان شکل‌های تابعی موجود، با توجه به مزایای توابع انعطاف‌پذیر، شکل تابعی ترانسلوگ به استناد کاربرد وسیع آن در مطالعات مشابه و همچنین به لحاظ ویژگی‌های نظری و آماری از جمله امکان استخراج راحت تر توابع تقاضای عوامل تولید، می‌تواند شکل مناسب تابع هزینه برای مطالعه حاضر در نظر گرفته شود.

شکل عمومی تابع هزینه با در نظر گرفتن متغیر روند زمان  $T$  عبارت است از (Rasmussen, 2000):

$$C = f(P_l, P_k, P_e, P_m, Q, T) \quad (2)$$

که در آن  $P_l, P_k, P_e, P_m$  به ترتیب، قیمت‌های نیروی کار، سرمایه، انرژی و مواد،  $Q$  مقدار تولید،  $C$  هزینه و  $T$  متغیر روند زمانی می‌باشد.

بنابراین، تابع هزینه ترانسلوگ به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\begin{aligned} \ln C = & v + \sum_i a_i \ln P_i + a_q \ln Q + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j b_{ij} \ln P_i \ln P_j \\ & + \sum_i b_{iq} \ln Q \ln P_i + \frac{1}{2} b_q (\ln Q)^2 + b_t T + \frac{1}{2} b_{tt} (T)^2 \\ & + \sum_i b_{it} (\ln P_i) T + b_{qt} (\ln Q) T \end{aligned} \quad (3)$$

$i, j = k, l, e, m$

مشتق جزئی تابع ترانسلوگ نسبت به قیمت نهاده  $i$  ام، تابع تقاضای سهم نهاده  $i$  ام را وقتی قیمت نهاده‌های تولید داده شده است، ارائه می‌کند. بنابراین:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{\partial C}{\partial P_i} \frac{P_i}{C} = \frac{x_i P_i}{C} = s_i \quad (4)$$

$$S_i = a_i + \sum_j b_{ij} \ln P_j + b_{iq} \ln Q + b_{it} T \quad (5)$$

که در آن  $C = \sum P_i x_i$  و  $S_i$  سهم هزینه نهاده  $i$  ام است.

از آنجایی که جمع سهم هزینه‌ها برای هر مشاهده برابر یک است، سیستم معادلات تقاضای سهم نهاده‌ها باید قیدهای زیر را در مورد پارامترهای مدل تامین نماید:

$$\sum_j a_i = 1, \sum_j b_{ij} = 0 \quad (۶)$$

در عین حال، برای آنکه سیستم معادلات تقاضای سهم نهاده‌ها، خصوصیات مربوط به نظریه تولید نئوکلاسیک را ارضاء کند (تابع هزینه همگن از درجه یک نسبت به قیمت‌ها)، باید قیدهای زیر بر روی پارامترها صادق باشد:

$$\sum b_{ij} = 0, \sum b_{iq} = 0 \quad (۷)$$

به علاوه شرط تقارن :

$$b_{ij} = b_{ji} \quad (۸)$$

با توجه به معادله سهم هزینه، تغییرات آن را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$\Delta S_i = \sum_j b_{ij} \Delta \ln P_j + b_{iq} \Delta \ln Q + b_{it} \Delta T \quad (۹)$$

برای یک دوره زمانی ناپیوسته، تغییر در سهم هزینه عوامل تولید، نتیجه تغییرات قیمت عوامل، تغییر مقدار تولید و تغییر در تکنولوژی می‌باشد. تمایل و جهت تغییر تکنولوژی با ثابت بودن قیمت نسبی عوامل، به وسیله تغییر در سهم، اندازه‌گیری می‌شود.

با استفاده از برآورد پارامترهای تابع هزینه، می‌توان رابطه تغییر تکنولوژی را به صورت زیر به دست آورد (Datta and Christoffersen, 2004 and Kant and Nautiyal, 1997):

$$\dot{C} = \frac{\partial \ln c}{\partial T} = b_t + b_{tt} T + \sum b_{ti} \ln P_i + b_{qt} \ln Q \quad (۱۰)$$

با توجه به رابطه (۱۰) تغییرات تکنولوژی به سه مؤلفه زیر قابل تفکیک می‌باشد:

$$۱- \text{تغییر فنی خالص } b_t + b_{tt} T$$

$$۲- \text{تغییر فنی غیر خنثی } \sum b_{ti} \ln P_i$$

$$۳- \text{تغییر فنی ناشی از افزایش مقیاس } b_{qt} \ln Q$$

مؤلفه اول، نشان می‌دهد که تغییر تکنولوژی خالص، هیچ ارتباط مشخصی با عوامل تولید و میزان تولید و قیمت عوامل ندارد و در یک تابع، به عنوان جزء ثابت یا عرض از مبدأ در نظر گرفته می‌شود و افزایش یا کاهش آن، تنها باعث انتقال تابع هزینه به سمت پایین و بالا می‌شود. در زمانی که این مؤلفه منفی باشد، بیانگر این است که تابع هزینه به سمت پایین انتقال می‌یابد و بیانگر تحولات مثبت تکنولوژیکی است.

مؤلفه دوم نشان می‌دهد که عوامل تولید چه تأثیر متقابلی در طول زمان روی یکدیگر دارند. به عبارتی تحولات تکنولوژیکی در طول زمان، چه تأثیری روی عوامل داشته است. آیا موجب جایگزینی عوامل یا منجر به صرفه جویی در عوامل شده است؟ تغییر این مؤلفه، موجب تغییر شیب منحنی هزینه می‌شود.

مؤلفه سوم، نشان می‌دهد که تحولات فنی بر روی ظرفیت بنگاه، چه تأثیری داشته است. واضح است که تحولات فنی گسترش مقیاس تولید، موجب بهره‌گیری از صرفه‌های اقتصادی ناشی از افزایش تولید می‌شود و هزینه را کاهش داده، باعث شیفت تابع هزینه می‌شود. در تابع هزینه دوگان، بازده به مقیاس (کشش مقیاس) توسط رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$E = \left[ \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q} \right]^{-1} = \left( a_q + b_q \ln Q + \sum_i b_{iq} \ln P_i + b_{qt} T \right)^{-1} \quad (11)$$

عبارت داخل کروشه، کشش هزینه را نسبت به میزان ستاده نشان می‌دهد. اگر افزایش میزان ستاده به طور متناسب، بیشتر از افزایش کلیه نهاده‌ها باشد، افزایش هزینه به طور متناسب، کمتر از افزایش ستاده و در این حالت E بزرگتر از یک خواهد بود. بنابراین، ساختار تولید دارای خصوصیت بازده به مقیاس افزایشی است. در حالت عکس نیز ساختار تولید بیانگر خصوصیت بازده به مقیاس نزولی می‌باشد.

به باور استون سون (Stevenson, 1980) تغییر تکنولوژی، ممکن است نسبت به نهاده‌های عامل و تعیین‌کننده‌های مقیاس<sup>۱</sup> تولید، دارای اریب باشد.

در صورت وجود پیشرفت فنی، معیار اریب نهاده‌ای عبارت است از:

$$I_{bi} = \frac{\partial S_i}{\partial T} \quad (12)$$

در این رابطه، اگر  $I_{bi} > 0$  باشد، تغییر تکنولوژی موجب به کارگیری بیشتر نهاده i می‌شود؛ به عبارت دیگر، تغییر تکنولوژی نهاده i بر تلقی می‌گردد. اگر  $I_{bi} < 0$  باشد، تغییر تکنولوژی موجب ذخیره

نهاده i ام می‌شود؛ به عبارت دیگر، تغییر تکنولوژی نهاده i اندوز تلقی می‌گردد و اگر  $I_{bi} = 0$  باشد، نشان می‌دهد که تغییر تکنولوژی نسبت به مصرف نهاده i ام خنثی است.

## 1. Scale Characteristics

همچنین با مشتق گیری از عبارت داخل کروشه در رابطه (۱۱) نسبت به قیمت نهاده ها می توان اریب مقیاس<sup>۱</sup> را اندازه گرفت و به وضعیت مقیاس در مصرف یا ذخیره نهاده ها پی برد:

$$SE_i = \frac{\partial^2 \ln C}{\partial \ln P_i \cdot \partial \ln Q} = \frac{\partial S_i}{\partial \ln Q} \quad (۱۳)$$

در این رابطه، اگر  $SE_i > 0$  باشد، مقیاس تولید مصرف کننده نهاده  $i$  ام است و اگر  $SE_i < 0$  باشد، مقیاس تولید ذخیره کننده نهاده  $i$  ام است و اگر  $SE_i = 0$  باشد، نشان می دهد که مقیاس تولید نسبت به مصرف نهاده  $i$  ام خنثی است.

در هر حال، با داشتن آمار و اطلاعات مورد نیاز، می توان نسبت به تخمین سیستم توابع هزینه اقدام نمود. هرچند که پارامترهای تابع هزینه اصلی (رابطه ۳) با روش OLS قابل برآورد است، اما معادلات سهم هزینه را شامل نمی شود. یک روش مناسب برای برآورد چنین سیستم‌هایی، استفاده از روش برآورد معادلات به ظاهر نامرتب (SURE) می باشد. با توجه به اینکه در سیستم هزینه، مجموع سهم هزینه ها برابر یک می باشد، می توان با حذف یکی از معادلات سهم هزینه، نسبت به برآورد ضرایب اقدام نمود و سپس ضرایب معادله حذف شده را از روی ضرایب بقیه معادلات به دست آورد (Kant and Nautiyal, 1997). در نهایت، مطابق روالی که ارائه گردید، می توان تغییر تکنولوژی را مورد تحلیل و ارزیابی قرار داد.

#### ۶- منابع داده‌ها و ساختار متغیرها

داده‌های بکار رفته در این مطالعه از کتاب آمار کارگاه‌های صنعتی ایران، برای سالهای ۸۵-۱۳۵۵ به دست آمده‌اند. تمامی شاخصهای بهره‌وری بر حسب معیار ارزشی (ارزش تولید) اندازه‌گیری شده‌اند. در ضمن همه داده‌های مورد استفاده در تحقیق بر حسب قیمت واقعی می‌باشد که برای تبدیل داده‌های اسمی به حقیقی، از شاخص بهای عمده‌فروشی کالاها در ایران استفاده شده و سال ۱۳۷۶ به عنوان سال پایه انتخاب گردیده است. از این‌رو در این تحقیق، کلیه داده‌هایی که به صورت ارزشی هستند، به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ بوده و نرخ رشدهای محاسبه شده، نشان‌دهنده نرخ رشد واقعی در صنعت مورد مطالعه می‌باشند.

ارزش تولید، مجموع ارزش کالاهای تولید شده، ارزش ضایعات قابل فروش و تغییرات ارزش موجودی کالاهای در جریان ساخت می‌باشد. هزینه سرمایه، به صورت هزینه کاربرد سرمایه، ضریب موجودی سرمایه محاسبه می‌شود. به منظور محاسبه هزینه کاربرد سرمایه، رابطه  $Puk = (r+P)Pi$  به

کار برده شده است که  $r$  نرخ بهره بلندمدت است و  $P$  نرخ استهلاک سرمایه می‌باشد که این نرخ، برای صنعت سیمان از طریق نظرخواهی از کارشناسان وزارت صنایع و معادن و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، فرض شده در هر سال  $6/4$  درصد می‌باشد و  $P_i$  شاخص تعدیل‌کننده قیمت سرمایه‌گذاری می‌باشد.

هزینه کل، مجموع هزینه سرمایه، نیروی کار، انرژی و مواد می‌باشد. برای عامل نیروی کار (شامل کارگران ساده و ماهر، تکنسین‌ها، مهندسان و شاغلان غیر تولیدی) تعداد افرادی که استخدام شده و دستمزدی که به عنوان حقوق و مزایا به آنها پرداخت شده است، جهت تخمین مدل به کار رفته‌اند. قیمت نیروی کار به صورت نسبت کل حقوق و دستمزد پرداختی به نیروی کار، تقسیم بر تعداد نیروی کار به دست آمده است.

هزینه سوخت، مجموع هزینه همه نوع سوخت به کار رفته در تولید (شامل بنزین، گازوئیل، نفت کوره، نفت سفید، گاز مایع و گاز طبیعی) می‌باشد. هزینه انرژی، از مجموع هزینه سوخت و هزینه برق به دست آمده است.

قیمت انرژی از طریق محاسبه میانگین وزنی قیمت سوخت و قیمت برق تعیین شده و برای به دست آوردن قیمت سوخت، میانگین وزنی قیمت چهار سوخت عمده در صنعت مورد مطالعه (شامل بنزین، گازوئیل، گاز طبیعی و نفت کوره) محاسبه گردیده و سهم هزینه سرمایه، نیروی کار، انرژی و مواد، از طریق تقسیم هزینه متناظر به هزینه کل به دست آمده است.

#### ۷- بررسی ساکن بودن متغیرها و جملات باقیمانده

برای استفاده از داده‌های سری زمانی در تخمین مدل، ابتدا باید از ثابت بودن واریانس، کواریانس و میانگین داده‌ها در طول زمان اطمینان حاصل کرد؛ چرا که در غیر این صورت، آماره‌های  $F$  و  $t$  معتبر نبوده و مدل تخمین زده شده نیز قابلیت استناد ندارد (گجراتی، ۱۳۷۸ و بیدرام، ۱۳۸۱).

نتایج حاصل از آزمون دیکی فولر تصحیح شده (ADF) حاکی از آن است که تمامی متغیرهای مورد نظر از یک ریشه واحد برخوردار بوده و پس از یک بار تفاضل‌گیری، ساکن می‌شوند. همچنین آزمون مذکور برای جملات باقیمانده معادلات، نشان دهنده ساکن بودن آنهاست. لذا می‌توان گفت که بحث رگرسیون کاذب منتفی بوده و نتایج حاصل از برآورد، قابل اعتمادند.

جدول ۱. نتایج بررسی ساکن بودن متغیرهای تفاضل مرتبه اول

نام متغیر	آماره ADF	مقادیر بحرانی مک کینون		
		٪ ۱۰	٪ ۵	٪ ۱
D(LC)	-۴/۱۲۴	-۲/۶۲۲	-۲/۹۶۷	-۳/۶۷۹
D(LPL)	-۳/۹۰۹	-۲/۶۲۲	-۲/۹۶۷	-۳/۶۷۹
D(LPK)	-۵/۵۵۲	-۲/۶۲۲	-۲/۹۶۷	-۳/۶۷۹
D(LPE)	-۶/۰۹۳	-۲/۶۲۲	-۲/۹۶۷	-۳/۶۷۹
D(LPM)	-۵/۴۷۹	-۲/۶۲۲	-۲/۹۶۷	-۳/۶۷۹
D(ML)	-۷/۲۸۴	-۲/۶۲۲	-۲/۹۶۷	-۳/۶۷۹
D(MK)	-۶/۱۶۳	-۲/۶۲۲	-۲/۹۶۷	-۳/۶۷۹
D(ME)	-۵/۲۸۲	-۲/۶۲۲	-۲/۹۶۷	-۳/۶۷۹
D(MM)	-۷/۵۸۹	-۲/۶۲۲	-۲/۹۶۷	-۳/۶۷۹
D(LQ)	-۳/۶۴۸	-۲/۶۲۲	-۲/۹۶۷	-۳/۶۷۹

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۲. نتایج بررسی ساکن بودن جملات باقیمانده

نام متغیر	آماره ADF	مقادیر بحرانی مک کینون		
		٪ ۱۰	٪ ۵	٪ ۱
RESID 01	-۵/۶۳۸	-۲/۶۲۱	-۲/۹۶۳	-۳/۶۷۰
RESID 02	-۳/۰۲۵	-۲/۶۲۱	-۲/۹۶۳	-۳/۶۷۰
RESID 03	-۴/۱۹۴	-۲/۶۲۵	-۲/۹۷۱	-۳/۶۸۹
RESID 04	-۴/۸۹۶	-۲/۶۲۱	-۲/۹۶۳	-۳/۶۷۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

## ۸- برآورد مدل و تحلیل نتایج

نتیجه برآورد تابع هزینه ترانسلوگ به همراه سیستم معادلات سهم نهاده‌های تولید، در جدول شماره ۳ آمده است. وجود تعداد قابل توجهی متغیرهای معنی دار و نیز بالابودن  $R^2$  از نشانه‌های خوبی برازش الگو می‌باشند. مقدار آماره دوربین-واتسن به دست آمده نیز نشان می‌دهد، الگوی برآورد شده مشکل خودهمبستگی ندارد.

جدول ۳. پارامترهای برآوردشده الگوی هزینه ترانسلوگ

نام متغیر	ضریب برآورد	آماره t	نام متغیر	ضریب برآورد	آماره t
v	-۱۹/۶۱۶	-۱/۷۴۹	b <sub>lm</sub>	-۰/۰۷۴	-۱/۹۱۱
a <sub>l</sub>	۰/۲۳۶	۰/۴۴۷	b <sub>ke</sub>	-۰/۰۶۰	-۵/۴۰۹
a <sub>k</sub>	-۱/۸۳۴	-۶/۰۶۹	b <sub>km</sub>	۰/۰۳۱	۱/۷۵۲
a <sub>e</sub>	۲/۰۶۵	۳/۹۰۴	b <sub>em</sub>	۰/۰۱۷	۰/۴۱۶
a <sub>m</sub>	۰/۵۳۳	۲/۳۸۴	b <sub>tt</sub>	-۰/۰۰۲۲	-۲/۲۴۶
a <sub>q</sub>	۵/۷۱۰	۳/۴۲۱	b <sub>lt</sub>	-۰/۰۰۶۴	-۴/۳۵۸
b <sub>t</sub>	۰/۳۴۴	۳/۸۴۹	b <sub>kt</sub>	-۰/۰۰۳۳	-۴/۱۸۱
b <sub>q</sub>	-۰/۲۸۳	-۲/۹۳۸	b <sub>et</sub>	۰/۰۰۸۴	۵/۶۱۴
b <sub>ll</sub>	۰/۱۶۲	۵/۶۷۲	b <sub>mt</sub>	-۰/۰۳۰۰	-۲/۳۸۳
b <sub>kk</sub>	۰/۱۰۱	۱۳/۰۳۴	b <sub>qt</sub>	-۰/۰۰۳۴	-۰/۸۵۰
b <sub>ee</sub>	۰/۰۹۷	۳/۱۳۸	b <sub>lq</sub>	-۰/۰۷۴	-۳/۳۵۰
b <sub>mm</sub>	۰/۱۷۶	۰/۴۱۵	b <sub>kq</sub>	-۰/۰۰۴	-۰/۴۹۸
b <sub>lk</sub>	-۰/۰۲۵	-۲/۴۲۲	b <sub>eq</sub>	۰/۰۶۱	۲/۸۹۶
b <sub>le</sub>	-۰/۱۰۸	-۴/۴۶۹	b <sub>mq</sub>	-۰/۰۵۹	-۰/۳۷۵
$R^2 = ۰/۹۹$		$R^2 = ۰/۹۵$	D.W = ۲/۱۰		

مأخذ: محاسبات تحقیق

## ۸-۱- نرخ تغییر تکنولوژی

بررسی تغییر تکنولوژی در دوره زمانی مورد مطالعه نشان می دهد که با گذشت زمان و به واسطه بهبود تکنولوژی مورد استفاده در صنعت سیمان، نرخ تغییر هزینه تولید کاهش یافته است. نرخ تغییر تکنولوژی در فاصله زمانی ۸۵-۱۳۵۵ معادل ۱/۱۲- می باشد؛ یعنی هر ساله به طور متوسط، نرخ کاهش هزینه تولید ۱/۱۲ درصد بوده است. هر چند که مطابق جدول شماره ۴ در سالهای

مختلف، نرخهای متفاوتی را می توان شاهد بود، لیکن علامت منفی نشانگر کاهش نرخ هزینه در طول زمان می باشد. بدین ترتیب، ملاحظه می گردد که بهبود تکنولوژی یعنی بهره گیری از روشهای نوین تولید به منزله نمادهایی از تکنولوژی، نرخ تغییر هزینه کارخانه های تولید سیمان را کاهش داده است.

جدول ۴. نرخ تغییر تکنولوژی در صنعت سیمان

سال	نرخ تغییر تکنولوژی (درصد)	سال	نرخ تغییر تکنولوژی (درصد)
۱۳۵۵	-۱/۲۸	۱۳۷۱	-۱/۰۰
۱۳۵۶	-۱/۲۶	۱۳۷۲	-۰/۹۸۴
۱۳۵۷	-۱/۲۶	۱۳۷۳	-۱/۱۰
۱۳۵۸	-۱/۲۵	۱۳۷۴	-۱/۰۳
۱۳۵۹	-۱/۲۴	۱۳۷۵	-۱/۰۲
۱۳۶۰	-۱/۲۳	۱۳۷۶	-۱/۰۵
۱۳۶۱	-۱/۲۲	۱۳۷۷	-۱/۰۵
۱۳۶۲	-۱/۲۰	۱۳۷۸	-۱/۰۹
۱۳۶۳	-۱/۱۶	۱۳۷۹	-۱/۰۹
۱۳۶۴	-۱/۱۶	۱۳۸۰	-۱/۱۱
۱۳۶۵	-۱/۱۰	۱۳۸۱	-۱/۱۲
۱۳۶۶	-۱/۱۲	۱۳۸۲	-۱/۱۴
۱۳۶۷	-۱/۰۶	۱۳۸۳	-۱/۱۳
۱۳۶۸	-۱/۰۲	۱۳۸۴	-۱/۱۲
۱۳۶۹	-۰/۹۷۵	۱۳۸۵	-۱/۰۸
۱۳۷۰	-۱/۰۲	۱۳۸۶	-
میانگین دوره ۱/۱۲ - (درصد)			

مأخذ: محاسبات تحقیق



## ۸-۲- بازده به مقیاس

مطالعه وضعیت کشتش مقیاس یا بازده نسبت به مقیاس در دوره زمانی مورد مطالعه، حاکی از وجود بازده صعودی نسبت به مقیاس است. میانگین بازدهی نسبت به مقیاس، معادل ۱/۴۶ به دست آمده است. به این ترتیب، می توان با افزایش ظرفیت واحدهای تولیدی از صرفه های اقتصادی ناشی از مقیاس بهره مند شد.

جدول ۵. بازده نسبت به مقیاس در صنعت سیمان

سال	بازده به مقیاس	سال	بازده به مقیاس
۱۳۵۵	۱/۶۳	۱۳۷۱	۱/۲۳
۱۳۵۶	۱/۴۶	۱۳۷۲	۱/۳۱
۱۳۵۷	۱/۴۳	۱۳۷۳	۱/۳۱
۱۳۵۸	۱/۴۱	۱۳۷۴	۱/۱۴
۱۳۵۹	۱/۲۸	۱۳۷۵	۱/۲۲
۱۳۶۰	۱/۲۳	۱۳۷۶	۱/۲۸
۱۳۶۱	۱/۱۸	۱۳۷۷	۱/۳۹
۱۳۶۲	۱/۱۸	۱۳۷۸	۱/۴۸
۱۳۶۳	۱/۲۱	۱۳۷۹	۱/۶۰
۱۳۶۴	۱/۲۲	۱۳۸۰	۱/۷۲
۱۳۶۵	۱/۱۴	۱۳۸۱	۱/۸۷
۱۳۶۶	۱/۰۱	۱۳۸۲	۲/۲۱
۱۳۶۷	۰/۹۶	۱۳۸۳	۲/۵۵
۱۳۶۸	۰/۹۶	۱۳۸۴	۲/۸۲
۱۳۶۹	۰/۹۶	۱۳۸۵	۲/۷۷
۱۳۷۰	۱/۰۸	۱۳۸۶	-
میانگین دوره ۱/۴۶			

مأخذ: محاسبات تحقیق

### ۸-۳- اریب نهاده و اریب مقیاس

نتایج حاصل از ارزیابی اریب نهاده و اریب مقیاس در جدول شماره ۶ ارائه شده است. علامت مثبت مربوط به اریب نهاده انرژی نشان می‌دهد طی دوره مورد مطالعه در صنعت سیمان ایران، میزان کاربرد انرژی افزایش یافته و این بدان معناست که با ثابت بودن قیمت سایر عوامل، سهم هزینه انرژی در طول زمان افزایش یافته است. از طرفی، علامت منفی اریب نیروی کار مؤید این نکته است که استفاده از دستگاه‌ها و سیستم اتوماتیک، موجب اتکای کمتر واحدهای تولیدی به نیروی کار می‌شود. نهایتاً علامت منفی اریب نهاده‌های سرمایه و مواد نیز بیانگر آن است که بهره‌گیری از ماشین‌آلات پیشرفته سبب صرفه‌جویی در مصرف آنها گردیده است.

ارقام مربوط به اریب مقیاس نیز نشان می‌دهد که با افزایش مقیاس تولید، مصرف انرژی سیر صعودی داشته است؛ یعنی گسترش وسعت و اندازه واحدهای تولیدی سبب افزایش گرایش به مصرف انرژی می‌شود. ضمن اینکه مصرف نهاده‌های نیروی کار، سرمایه و مواد، سیر نزولی را پشت سر گذاشته و به نظر می‌رسد با افزایش مقیاس تولید، استفاده از نمادهای مختلف تکنولوژی و ماشین‌آلات پیشرفته بیشتر شده و لذا سهم به کارگیری عوامل مذکور را کاهش داده است.

جدول ۶. میزان اریب نهاده و اریب مقیاس در صنعت سیمان ایران

نهاد	اریب نهاده	اریب مقیاس
نیروی کار	-۰/۰۰۶۴	-۰/۰۷۴
سرمایه	-۰/۰۰۳۳	-۰/۰۰۴
انرژی	۰/۰۰۸۴	۰/۰۶۱
مواد	-۰/۰۳۰۰	-۰/۰۵۹

مأخذ: محاسبات تحقیق

### ۹- خلاصه و نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتیجه حاصل از برآورد تابع هزینه ترانسلوگ و معادلات سهم هزینه به روش SURE نشان داد که با توجه به معنی‌دار بودن تعداد زیادی از ضرایب و بالابودن ضریب تعیین، تابع فوق، رفتار واحدهای تولیدی را به طرز مناسبی تبیین می‌کند. علامت نرخ تغییر تکنولوژی حاکی از آن است که با گذشت زمان، نرخ تغییر هزینه واحدهای تولیدی کاهش یافته است. از آنجایی که

تکنولوژی تولید در طول زمان موجب کاهش نرخ تغییر هزینه تولید در کارخانه‌های سیمان شده و بدین ترتیب می‌توان استنباط نمود که استفاده از تکنولوژی‌های نوین و پیشرفته، عملاً موجب بهبود تغییرات هزینه در دوره زمانی مورد مطالعه گردیده است. لذا انتظار می‌رود که با ترویج این قبیل نمادهای تکنولوژیکی، بتوان به اقتصادی‌تر شدن فرایند تولید در صنعت سیمان کمک نمود.

مطابق یافته‌های تحقیق، آماره کشش مقیاس، بیانگر وجود بازدهی صعودی نسبت به مقیاس در صنعت سیمان ایران می‌باشد. به این ترتیب، افزایش متناسب به کارگیری همه عوامل تولید، موجب می‌شود تولید سیمان به میزانی بیشتر از تغییر منابع تولید، دستخوش تحول گردد. نتیجه این امر، کاهش هزینه واحد تولید و صرفه اقتصادی فرایند تولید سیمان خواهد بود. لذا اتخاذ راهکارهایی که امکان افزایش اندازه واحدهای تولیدی را فراهم سازد، توصیه می‌شود.

ارزیابی نتایج حاصل از اربب نهاده و اربب مقیاس در صنعت سیمان در دوره زمانی مورد مطالعه، مؤید همسویی و سازگاری یافته‌های پژوهش می‌باشد. با توجه به مثبت بودن اربب نهاده و نیز اربب مقیاس انرژی، از طرفی و نیز سهم بالای هزینه این نهاده از هزینه‌های کل عوامل در واحدهای تولیدی سیمان، از طرف دیگر، ترغیب مدیران واحدهای تولیدی به افزایش بهره‌وری این عامل می‌تواند سهم و نقش مؤثری در کاهش هزینه‌های تولید داشته باشد. ضمن اینکه این نوع تغییر تکنولوژی، وابستگی به نیروی کار و هزینه‌های مرتبط با آن را کاهش می‌دهد. این نتیجه گیری در رابطه با هر دو اربب نهاده و اربب مقیاس نهاده‌های سرمایه و مواد نیز صادق می‌باشد.

## منابع و مأخذ

۱. امامی میبدی، علی (۱۳۷۹) اصول اندازه‌گیری بهره‌وری و کارایی؛ تهران: مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.
۲. امینی، امراله (۱۳۷۹) تخمین و تحلیل تحولات فنی، کارایی و بهره‌وری در صنعت خودروسازی ایران؛ پایان‌نامه دکتری اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس.
۳. بیدرام، رسول (۱۳۸۱) Eviews همگام با اقتصادسنجی؛ تهران: منشور بهره‌وری.
۴. دادرس، محمد امین (۱۳۷۸) اندازه‌گیری کارایی فنی در صنعت سیمان ایران؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی.
۵. شرافت، محمد ناصر (۱۳۷۵) بررسی ساختار تکنولوژیک تولید و برآورد تقاضای نهاده‌های تولید؛ معاونت امور اقتصادی وزارت امور اقتصادی و دارایی.
۶. قره‌باغیان، مرتضی (۱۳۷۱) اقتصاد رشد و توسعه؛ تهران: نشرنی.
۷. قره‌باغیان، مرتضی و مسعود همایونی فر، (۱۳۸۰) آثار تغییرات فنی و نهادی بر رشد تولید کشاورزی ایران؛ فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۳۶.
۸. گجراتی، دامودار (۱۳۷۸) مبانی اقتصادسنجی؛ ترجمه حمید ابریشمی؛ تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۹. مرکز آمار ایران، آمار کارگاه‌های صنعتی کشور، سالهای مختلف.
۱۰. هایامی، یوجیرو (۱۳۸۰) اقتصاد توسعه: از فقر تا ثروت ملل؛ ترجمه غلامرضا آزاد ارمکی؛ تهران: نشرنی.
11. Ahmad, S. (1966) On the Theory of Induced Innovation; *Economic Journal*, No. 76: pp. 344-357.
12. Chambers, R. G. (1988) *Applied Production Analysis: A Dual Approach*; Cambridge University Press.
13. Datta, A. and S. Christoffersen (2004) *Production Costs, Scale Economies and Technical Change in U.S. Textile and Apparel Industries*; School of Business Administration, Philadelphia university.
14. Hayami, Y. and V. W. Ruttan (1970) *Factor Prices and Technical Change in Agricultural Development: The United States and Japan, 1880-1966*; *Journal of Political Economy*, No. 78: pp. 1115-1141.
15. Intriligator, M. D. (1965) *Embodied Technical Change and Productivity in the United States, 1929-1957*; *Review of Economics and Statistics*, No. 47: pp. 65-70.
16. Jorgenson, D. W. (1966) *The Embodiment Hypothesis*; *Journal of Political Economy*, No. 74: pp. 1-17.

17. Kant, S. and J. C. Nautiyal (1997) Production Structure, Factor Substitution, Technical Change, and Total Factor Productivity; *Can. J. Forest Research*, No.27: pp.701-710.
18. Machin, S. and J. V. Reenen (1998) Technology and Changes in Skill Structure: Evidence from Seven OECD Countries; *The Quarterly Journal of Economics*, No.44: pp. 12-15.
19. McCarthy, M. D. (1965) Embodied and Disembodied Technical Progress in the Constant Elasticity of Substitution Production Function; *Review of Economics and Statistics*, No. 47: pp. 71-75.
20. Nafar, Nosratollah and Bo Walfridson (1996) Factor Substitution, Capacity Utilization and Technical Change in Iranian Manufacturing Industries; Department of economics, School of Economics and Commerical Law, Goteborg University.
21. Rasmussen, S. (2000) Technological Change and Economies of Scale in Danish Agriculture; The Royal eterinary and Agricultural University KVL, Copenhagen.
22. Romer, P. M. (1990) Endogenous Technological change; *Journal of politioal Economy*, No. 98, pp. 71-102.
23. Solow, R. M. (1957) Technical Change and the Aggregate Production Function; *Review of Economics and Statistics*, No. 39: pp. 312-320.
24. Stevenson, R. (1980) Measuring Technological Bias; *American Economic Review*, No.70: pp.162-173.
25. Thirtle, C., R. Townsend and J. Van Zyl (1998) Testing the Induced Innovation Hypothesis: An Error Correction Model of South African Agriculture; *Agricultural Economics*, No. 19:pp. 145-157.