

## منحنی یادگیری و سطوح فناوری در بنگاه‌های جدیدالورود صنایع تولیدی ایران

محمدعلی فیض‌پور<sup>۱</sup>، \*مرجان حبیبی<sup>۲</sup>

۱. استادیار دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲. دانشجوی دکترا اقتصاد، دانشگاه ایالتی کانزاس، کانزاس، آمریکا

دریافت: ۹۴/۹/۳ پذیرش: ۹۵/۴/۳۱

Learning Curve and Technology Levels  
of New Firms in Iranian Manufacturing IndustriesMohammad Ali Feizpour<sup>1</sup>, \*Marjan Habibi<sup>2</sup>

1. Assistant Professor of Economics, Yazd University, Yazd, Iran

2. Ph.D. Student in Economics, Kansas State University, Kansas, U.S.

Received: 24/November/2015

Accepted: 21/July/2016

## Abstract

## چکیده

In industrial economics literature, the relationship between production quantity and production costs can be expressed as "learning curve". Based on the existing literature on the learning curve, learning is not uniform across industries and besides that, can be influenced by other factors such as technology. Accordingly, due to the lack of such studies in Iran, the present research attempts to examine the impact of different levels of technology on learning in Iran's manufacturing industries. For this purpose, the Log-Linear model and the Cobb Douglas cost function are combined and the OECD definition of industries classification in terms of technology levels is used. The findings indicate that the highest level of learning belongs to the High-Tech industries and from policy-making point of view, attending to these industries is necessary. Furthermore, the higher learning rates in the mentioned industries are able to cover some of their initial costs. In conclusion, attending to learning is required for industrial development policy-making.

در ادبیات اقتصاد صنعتی، ارتباط مقدار تولید با هزینه‌هایی که برای تولید آن میزان محصول صرف می‌شود را می‌توان با عنوان منحنی یادگیری بیان کرد. این در حالی است که براساس ادبیات موجود، یادگیری در میان صنایع متفاوت بوده و علاوه بر آن، می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر سطح فناوری صنعتی قرار گیرد. بر این اساس و باتوجه به نبود چنین مطالعاتی در ایران، پژوهش حاضر می‌کوشد تا تأثیر سطوح مختلف فناوری بر یادگیری در صنایع تولیدی ایران را بررسی کند. بدین منظور، مدل لگاریتم خطی و تابع هزینه کاب داگلاس تلفیق شده و از تعریف OECD از طبقه‌بندی صنایع برحسب سطوح فناوری استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین یادگیری متعلق به صنایع با فناوری برتر است و از نظر سیاست‌گذاری، توجه به این صنایع ضروری است. همچنین، نرخ یادگیری بالاتر در صنایع مذکور قادر است برخی از هزینه‌های اولیه آن‌ها را پوشش دهد. از این‌رو، توجه به یادگیری لازمه سیاست‌گذاری توسعه صنعتی است.

**Key Words:** Learning Curve, Economies of Scale, Technology Levels, Manufacturing Industries, Iran.

**JEL Classification:** L0, D22, O14

**واژه‌های کلیدی:** منحنی یادگیری، صرفه‌های ناشی از مقیاس، سطوح

فناوری، صنایع تولیدی، ایران

**طبقه‌بندی JEL:** O14, D22, L0

\*Corresponding Author: Marjan Habibi  
Email: Marjan.hbb1986@gmail.com

\*نویسنده مسئول: مرجان حبیبی

## ۱. مقدمه

در ادبیات اقتصاد صنعتی، یادگیری فرایندی است که در آن اشخاص مهارت، دانش و توانایی لازم را به دست می‌آورند. در واقع، در ابتدای فرایند تولید، عملکرد کارگر در حداقل خود قرار دارد و با کسب تجربه بیشتر پدیده یادگیری رخ می‌دهد. بنابراین، هرچه تجربه بیشتری کسب می‌شود، عملکرد کارگر بهبود می‌یابد، زمان مورد نیاز برای تولید هر واحد کاهش و بنابراین بهره‌وری کارگران در نتیجه تأثیر یادگیری افزایش می‌یابد. به طور کلی، منحنی یادگیری نشان‌دهنده کاهش هزینه در اثر انجام عمل تکراری توسط نیروی کار است. هرچه عمل مشابهی به طور فزاینده‌ای تکرار شود، میزان کاهش در هر واحد تولید شده کم و کمتر خواهد شد و هرچه واحدهای بیشتری تولید شود، افراد دیگر در تولید کاراتر از قبل می‌شوند. به عبارتی، هر واحد اضافی زمان کمتری را برای تولید به خود اختصاص می‌دهد. این میزان یادگیری یا تجربه کسب شده در کاهش ساعات کاری یا هزینه انعکاس می‌یابد. در واقع، منحنی یادگیری، ابزاری کارا برای بیان عملکرد کارگران در انجام وظایف و کارهای تکراری بر شمرده شده است و آن را برای تحلیل و کنترل فعالیت‌ها، تخصیص وظایف به کارگران بر اساس یادگیری آن‌ها، اندازه‌گیری هزینه‌های تولید کارگران همگام با تجربه‌اندوزی، یادگیری و برآورد هزینه‌های اجرای فناوری معین مفید دانسته‌اند (آنزالتو و فوگلیاتو، ۲۰۱۱).

ادبیات موجود در این زمینه نشان می‌دهد که میزان یادگیری در صنایع مختلف، متفاوت بوده و به عبارتی یادگیری در هر صنعت منحصر به فرد است. با این حال، به منحنی یادگیری با این ویژگی‌ها و اهمیتی که دارد، در اقتصاد ایران و به ویژه در بخش صنعت مورد غفلت قرار گرفته و مطالعات اندکی موضوع منحنی یادگیری را بررسی کرده‌اند. بر اساس تحقیق مؤلفین این مقاله، مطالعه‌ای منسجم و جامع که منحنی یادگیری و برآورد آن را در بخش صنایع تولیدی ایران بررسی کند، وجود ندارد و از این رو، این پژوهش در مرحله نخست می‌کوشد تا موضوع یادگیری را در صنایع تولیدی ایران و در سطوح کدهای دو، سه و چهار رقمی ISIC ارزیابی و علاوه بر آن، ارتباط یادگیریدر این صنایع را با سطوح فناوری بررسی کند. در این راستا، مطالب این مقاله در شش بخش سازماندهی شده است. پس از مقدمه در بخش دوم پیشینه تحقیق و در بخش سوم مدل نظری تحقیق ارائه گردیده است. بخش چهارم به داده‌ها و

متغیرهای پژوهش اختصاص یافته است. در بخش پنجم با استفاده از مدل اقتصادسنجی داده‌های تلفیقی، نرخ یادگیری در میان صنایع و رابطه آن با فناوری برآورد شده است. بخش پایانی در مورد جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و ارائه راهکارهای سیاستی است.

## ۲. منحنی یادگیری: مروری بر پیشینه تحقیق

در ادبیات اقتصاد ایران، بررسی و تحلیل منحنی یادگیری تقریباً به فراموشی سپرده شده است، اما این موضوع از دیرباز در ادبیات این حوزه از توجه بسیاری برخوردار بوده و اولین کوشش در این حوزه را می‌توان به مطالعات رایت (۱۹۳۶)<sup>۲</sup> نسبت داد. رایت مطالعات خود را طی یک دهه در مقاله‌ای با عنوان "عوامل مؤثر بر هزینه ساخت هواپیماها" در سال ۱۹۳۶ منتشر کرده است. پس از آن، منحنی یادگیری برای حدود سه دهه فقط در مباحث نظامی و هوا و فضا بررسی و استفاده شده است. با شروع دهه هفتاد، مطالعات گسترده‌ای در این حوزه و سایر رشته‌ها آغاز شد. در این زمان، توجه به منحنی یادگیری در بخش صنعت نیز کانون مطالعات این حوزه بوده و پژوهش‌های متعددی کوشیدند تا این موضوع را در صنایع تولیدی به کارگیرند.

با تأکید بر مطالعات انجام شده در رابطه با برآورد نرخ یادگیری در صنایع مختلف، می‌توان مطالعات هنگ و لو<sup>۳</sup> (۱۹۹۵)، پرامونگی، شویان و سیریناواکول<sup>۴</sup> (۲۰۰۰)، بالاسوبرامانین و لیبرمن<sup>۵</sup> (۲۰۱۰)، هنگ (۲۰۱۰)<sup>۶</sup> و تاکاهاشی<sup>۷</sup> (۲۰۱۳) را مهم‌ترین مطالعات این حوزه قلمداد کرد. در مطالعه هنگ و لو (۱۹۹۵)، منحنی‌های یادگیری در سه اقتصاد منتخب آسیایی شامل: کره، ژاپن و سنگاپور برآورد و مقایسه شده و با به کارگیری تابع تولید نئوکلاسیک و استفاده از داده‌های سال‌های ۱۹۹۱-۱۹۶۱، منحنی یادگیری برای ۲۰ صنعت تولیدی سنگاپور برآورد شده است. آن‌ها صنایع تولیدی را به صنایع قدیمی و جدید تقسیم‌بندی کردند. منظور از صنایع قدیمی در این پژوهش، صنایعی هستند که از زمان شروع صنعتی سازی در دهه ۱۹۵۰ در کشور سنگاپور راه‌اندازی شده و به تدریج توسعه یافته‌اند. از سوی دیگر، صنایع جدید نظیر الکترونیک و تولید ابزارآلات و وسایل

2. Wright

3. MunHeng and Low

4. Pramongki, Shawyan and Sirinaovakul

5. Balasubramanian and Liberman

6. Heng

7. Takahashi

1. Anzanello and Fogliatto

یافته‌اند که نرخ‌های یادگیری در میان صنایع، متفاوت بوده و در واقع این نرخ‌های یادگیری در صنایع با R&D تبلیغات و شدت سرمایه بیشتر، بالاتر است.

هنگ (۲۰۱۰) نرخ یادگیری ۲۰ صنعت سنگاپور را در دوره ۱۹۸۰-۲۰۰۷ بررسی کرده و یافته‌های این محقق حاکی از آن است که تأثیر یادگیری در این صنایع یکسان نیست. در واقع، در صنعت تجهیزات حمل و نقل، با دو برابر شدن تجربه، به کارگیری نیروی کار تا ۳۰ درصد مقدار اولیه کاهش یافته، در حالی که این میزان در صنعت پلاستیک در حدود ۲ درصد است.

در پژوهشی دیگر، تاکاهاشی (۲۰۱۳) صحت همسانی نرخ‌های یادگیری را در سطوح مختلف شامل صنعت و بنگاه و برای محصولات متنوع بررسی کرده است. وی اذعان می‌کند منحنی تجربه به‌عنوان یک قانون سرانگشتی در نظریه مدیریت استراتژیک کاربرد دارد، اما تقریباً ۸۰ درصد منحنی‌های یادگیری با شکل خطی - لگاریتمی دارای این ویژگی هستند.

علاوه بر مطالعات حوزه برآورد نرخ یادگیری، مطالعات بسیاری نیز در این حوزه تلاش کرده‌اند تا ارتباط بین یادگیری و عوامل مختلفی را تحلیل و بررسی کنند که در این میان می‌توان به مطالعات لیبرمن<sup>۵</sup> (۱۹۸۷)، کلتو<sup>۶</sup> (۱۹۹۸)، جواهری<sup>۷</sup> (۲۰۰۷) و کلارک<sup>۸</sup> (۲۰۰۸) اشاره کرد. لیبرمن (۱۹۸۷) تأثیر نرخ یادگیری و انتشار اطلاعات بر موانع ورود بنگاه، سود و پویایی قیمت را بررسی کرده است. با استفاده از معادله ارائه شده توسط فاندنبرگ و تیرو<sup>۹</sup>، نتایج این مطالعه حاکی از آن است که اگر یادگیری تنها مختص بنگاه باشد، انگیزه برای افزایش یادگیری وجود خواهد داشت. برعکس، وقتی یادگیری بین بنگاه‌ها مشترک است، جمله استراتژیک باعث ایجاد انگیزه برای کاهش تولید توسط بنگاه مورد نظر خواهد شد؛ زیرا تولید بیشتر توسط بنگاه، کاهش هزینه‌های آینده بنگاه‌های دیگر را به دنبال خواهد داشت. با انتشار اطلاعات ناشی از یادگیری بنگاه، قیمت‌های تعادلی بنگاه به موازات کاهش هزینه‌های تولید کاهش می‌یابد که این امر موجب کاهش رقابت بین رقبا و افزایش سود بنگاه‌ها می‌شود.

کلتو (۱۹۹۸) در مطالعه‌ای دیگر با استفاده از منحنی یادگیری

دقیق، شامل صنایعی هستند که پس از نصب و استفاده از فناوری و خطوط تولید جدید در این کشور شکل گرفته‌اند. نتایج برآورد منحنی یادگیری برای کشور سنگاپور نشان می‌دهد که میزان اثر یادگیری در بین ۲۰ صنعت مذکور، متفاوت است، به طوری که بیشترین اثر یادگیری متعلق به صنایع تولید ابزارآلات دقیق بوده است. در واقع، در این صنعت همراه با دوبرابر شدن تجربه، سرانه نیروی کار موردنیاز برای تولید به نصف مقدار اولیه خود کاهش یافته است. پایین‌ترین اثر یادگیری نیز مربوط به صنعت تولید ماشین‌آلات بوده که در این صنعت نیز با دو برابر شدن مقدار تجربه نیروی کار، میزان نیروی کار موردنیاز تنها تا ۹ درصد کاهش نشان داده است. مقایسه نتایج تجربه یادگیری در صنایع تولیدی سنگاپور با کشورهای کره جنوبی و ژاپن نشان می‌دهد که اثرات منحنی یادگیری در سنگاپور بیشتر از ژاپن به کره جنوبی شبیه است. همچنین، شیب منحنی یادگیری در صنایع ژاپن بیشتر است که این مسئله برتری یادگیری در صنایع تولیدی ژاپن را نسبت به کشورهای کره جنوبی و سنگاپور نشان می‌دهد.

پرامونگکی، شویان و سیریناواکول (۲۰۰۰) منحنی یادگیری در بین صنایع تولیدی براساس کدهای سه رقمی ISIC در کشور تایلند را بررسی کرده‌اند. در راستای دست‌یابی به این هدف از تابع تولید نئوکلاسیکی استفاده شده و سپس همانند بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه منحنی یادگیری نظیر موریشیما<sup>۱</sup> (۱۹۸۲)، یوهانسون<sup>۲</sup> (۱۹۸۲)، لینکلن<sup>۳</sup> (۱۹۸۸) و لو<sup>۴</sup> (۱۹۹۷) از شکل رایج منحنی یادگیری که توسط رایت ارائه شده، استفاده شده است. با استفاده از داده‌های مربوط به ۲۰ صنعت تولیدی کشور تایلند در سال‌های ۹۵-۱۹۹۰، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اثر یادگیری بین صنایع یکسان بوده و دارای منحنی یادگیری متفاوتی نسبت به یکدیگر هستند. در واقع، بیشترین اثر و کشش یادگیری به ترتیب متعلق به صنایعی نظیر: صنایع تولیدات غیرفلزی، ساخت ماشین‌آلات و صنایع چاپ بوده است. همچنین، براساس محاسبات انجام شده، صنایع سنگین که نیاز به سرمایه‌گذاری زیاد اولیه و فناوری پیشرفته‌تری دارند در مقایسه با صنایع سبک دارای منحنی یادگیری با شیب بیشتر و در نتیجه اثر یادگیری بیشتری هستند.

بالاسوبرامانین و لیبرمن (۲۰۱۰) در مطالعه خود با استفاده از داده‌های بخش تولیدی آمریکا در سطح کارخانه به این نتیجه دست

5. Lieberman  
6. Klenow  
7. Javaheri  
8. Clarke  
9. Fundenberg and Tirole

1. Morishima  
2. Johnson  
3. Lincoln  
4. Low

سال‌های ۱۹۵۸-۱۹۹۶ صورت گرفته و نتایج این مطالعه حاکی از آن است که پویایی‌های مدل ساختاری تنها برای صنایع دانش محور موضوعیت داشته است. این در حالی است که برای صنایع دیگر این موضوع صادق نیست. بنابراین، بهره‌گیری از مزایای منحنی‌های یادگیری برای تمام گروه‌های صنعتی امکان‌پذیر نیست.

بر این اساس و با توجه به مطالعات انجام شده در این حوزه، می‌توان به این نکته اشاره کرد که تاکنون هیچ مطالعه‌ای در برآورد نرخ یادگیری در صنایع تولیدی ایران صورت نگرفته و همچنین در کمتر مطالعه‌ای به اهمیت ارتباط فناوری با نرخ یادگیری توجه شده است. از این رو، این مطالعه می‌تواند گامی نخست در این راستا قلمداد شود.

### ۳. ساختار مدل

به‌طور کلی، اولین مدل منحنی یادگیری مدل Wright یا به عبارتی مدل لگاریتم خطی است که بیان ریاضی آن به صورت معادله (۱) و فرم خطی آن برای تخمین تأثیرات یادگیری به صورت معادله (۲) است:

$$c_t = c_0 Q_t^\lambda \quad (1)$$

$$\ln c_t = \ln c_0 + \lambda \ln Q_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

که در آن  $C_t$  هزینه تولید در زمان  $t$ ،  $C_0$  هزینه تولید در اولین دوره و  $Q_t$  تعداد تجمعی واحدهای تولید شده (به‌عنوان شاخصی برای تجربه) است. پارامتر  $\lambda$  کشش یادگیری و به عبارتی درصد تغییر در هر واحد به‌ازای درصد تغییر در تولید تجمعی است. مقدار  $\lambda$  معمولاً منفی ( $-1 < \lambda < 0$ ) و هر چه به  $(-1)$  نزدیکتر می‌شود، نرخ یادگیری بالاتر و انجام کار سریع‌تر است (آنزولو و فوگلیاتو، ۲۰۱۱). این معادله، بیانگر آن است که نیروی کار از تجربه کسب شده در طی فرایند تولید یاد می‌گیرد که این تجربه منجر به کاهش هزینه می‌شود. معادله (۲) شدت یادگیری را ارزیابی می‌کند؛ اما باید توجه داشت که مزایای هزینه‌ای را می‌توان از دوجنبه ایستا و پویا ارزیابی کرد. به عبارت دیگر با استفاده از منحنی مقیاس (هزینه متوسط) می‌توان مزایای افزایش مقیاس را به صورت کاهش هزینه متوسط بررسی کرد. این جنبه از کاهش هزینه که به صرفه‌های مقیاس موسوم است در واقع مزایای ایستا می‌باشد. اما با استفاده از منحنی یادگیری می‌توان کاهش هزینه متوسط را در طول زمان ارزیابی کرد. این کاهش هزینه، همان مزایای پویای ناشی از افزایش تولید در طی زمان است.

تفاوت بین تأثیر یادگیری و صرفه‌های مقیاس در نمودار (۱) به تصویر کشیده شده است.

رفتار چرخه‌ای صنایع تولیدی را بررسی کرده است. نتایج این مطالعه که در آن از مدل به‌روزرسانی فناوری برون‌زا استفاده شده، نشان می‌دهد همراه با افزایش سرعت پیشرفت فناوری‌های پیش‌تاز، میزان دفعات به‌روز رسانی فناوری نیز افزایش می‌یابد. به طوری که با افزایش نرخ رشد فناوری از  $2/5$  به  $3/5$  درصد، دوره به‌روزرسانی فناوری که معادل با مدت زمان مساوی در پرداخت دستمزد است، توسط بنگاه از  $23$  دوره به  $19$  دوره کاهش می‌یابد. همچنین با به‌روزرسانی مداوم بنگاه، میزان افت بهره‌وری نیز کاهش می‌یابد که این میزان نسبت به زمانی که مدت به‌روزرسانی فناوری طولانی‌تر است، کمتر است. همچنین، با افزایش میزان یادگیری لازم برای هر سطح فناوری که به نرخ پیشرفت موسوم است، تمایل بنگاه برای به‌روزرسانی فناوری کاهش می‌یابد، به طوری که با افزایش نرخ پیشرفت از  $2$  به  $2/5$  واحد برای یک محصول، میزان به‌روز رسانی از  $32$  به  $23$  دوره کاهش می‌یابد. در مجموع، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که هنگام به‌روز رسانی فناوری جدید در ابتدا بهره‌وری به شدت کاهش می‌یابد. همچنین، بنگاه‌ها اغلب در زمان رونق و نه در زمان رکود، سطح فناوری خود را به‌روز کرده و این خود ناشی از بالا بودن مقدار تقاضا و تولید در این دوره است؛ بنابراین بنگاه قادر است تا یادگیری خود از فناوری جدید را با سرعت بیشتری شکل دهد.

صدایی جواهری (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای رابطه نرخ یادگیری و نرخ تمرکز در  $20$  صنعت از صنایع تولیدی کشور هندوستان در سال‌های  $1991-2001$  بررسی کرده است. نتایج این مطالعه حاکی از آن است هر دو گروه از صنایع با نرخ تمرکز بالا و پایین از صرفه‌های ناشی از یادگیری بهره برده‌اند. اما این میزان برای این دو گروه متفاوت است، به طوری که در صنایع دارای تمرکز بالاتر برابر  $14$  درصد و در بین صنایع دارای تمرکز پایین‌تر برابر  $4$  درصد بوده است. در مجموع می‌توان ادعان داشت که اثر صرفه‌های ایستای ناشی از مقیاس برای هر دو گروه تقریباً برابر بوده است، اما صنایع متمرکزتر بیشتر از مزایای صرفه‌های ناشی از یادگیری برخوردار بوده‌اند.

کلارک (۲۰۰۸) در پژوهش خود با بهره‌گیری از یک مدل ساختاری، منحنی یادگیری را براساس داده‌های صنعتی ارائه شده توسط بانک اطلاعاتی NBER ارزیابی کرده است. در این پژوهش برخلاف مطالعات پیشین به جای استفاده از تابع تولید، از یک مدل ساختاری و از طریق برآورد شرایط مرتبه اول برای این مدل استفاده شده است. این پژوهش برای  $459$  صنعت تولیدی در سطح کدهای  $4$  رقمی ISIC طی

$$C = (\alpha + \beta) [A \alpha^\alpha \beta^\beta]^{-1/\sigma} Y^{1/\sigma} r^{\beta/\sigma} W^{\alpha/\sigma} \quad (۴)$$

$$C = h Y^{1/\sigma} r^{\beta/\sigma} W^{\alpha/\sigma} \quad (۵)$$

فرم خطی معادله (۵) از تبدیل آن به شکل لگاریتمی، به صورت معادله (۶) به دست می‌آید:

$$\ln C = \ln h + \frac{1}{\sigma} \ln Y + \frac{\beta}{\sigma} \ln r + \frac{\alpha}{\sigma} \ln W + \varepsilon_t \quad (۶)$$

برای تبدیل تابع هزینه اسمی به تابع هزینه واقعی فرض می‌شود که وزن‌ها در تبدیل کننده قیمت تولید ناخالص ملی (GNPD) استفاده از (L,K) توسط بنگاه‌ها را منعکس می‌کند. بنابراین داریم:

$$\ln GNPD_t = \frac{\beta}{\sigma} \ln r_t + \frac{\alpha}{\sigma} \ln W_t \quad (۷)$$

همچنین، هزینه‌های کل به ارزش پول ثابت (C') برحسب هزینه‌های کل به ارزش پول جاری (C<sub>t</sub>) و تبدیل کننده قیمت تولید ناخالص ملی (GNPD) تعیین می‌شوند. بنابراین خواهیم داشت:

$$c'_t = \frac{C_t}{GNPD_t} \Rightarrow \ln C'_t = \ln C_t - \ln GNPD_t \quad (۸)$$

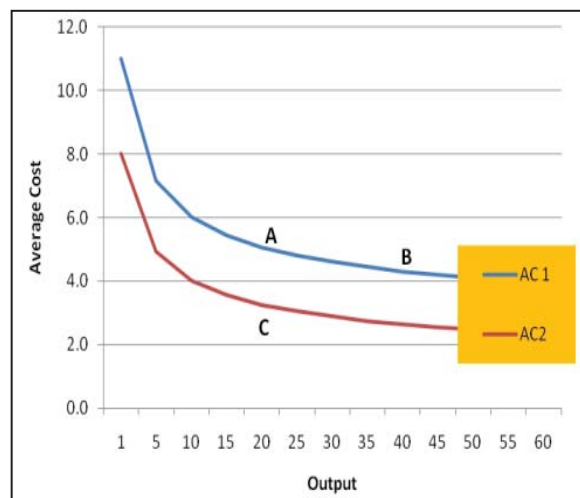
با جایگزینی طرف راست معادله (۶) برای  $\ln C_t$  و سمت راست معادله (۷) برای  $\ln GNPD_t$  در معادله (۸)، معادله (۹) به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\ln C' = \ln h + \frac{1}{\sigma} \ln Y + \varepsilon_t \quad (۹)$$

دو تفاوت اصلی بین مدل لگاریتم خطی (معادله ۲) و تابع هزینه کابداگلاس (معادله ۸) وجود دارد:

۱)  $Q_t$  تابع هزینه کابداگلاس و A در مدل لگاریتم خطی وجود ندارد. در تابع هزینه کابداگلاس، هزینه کل به عنوان متغیر وابسته است. در حالی که در مدل لگاریتم خطی، هزینه متوسط این نقش را ایفا می‌کند.

تعدیلاتی برای حذف تفاوت‌ها وجود دارد که برای مورد اول می‌توان تجربه را مرتبط با فناوری دانست. به عبارت دیگر، از آنجایی که پیشرفت در دانش با یادگیری مرتبط است، می‌توان تجربه (Q<sub>t</sub>) و فناوری (A) را مشابه یکدیگر دانست. بنابراین، می‌توان معادله (۱۰) را این گونه در نظر گرفت:



نمودار ۱. صرفه‌های مقیاس در مقابل صرفه‌های یادگیری  
ماخذ: Heng (2010)

در این نمودار،  $AC_1$  بیانگر هزینه متوسط بلندمدت یک بنگاه است که از صرفه‌های مقیاس در فرایند تولید بهره می‌برد. اگر منحنی یادگیری وجود داشته باشد، فرایند یادگیری، منحنی هزینه متوسط در نمودار (۱) را از  $AC_1$  به  $AC_2$  و به سمت پایین و مقدار هزینه را از A به C انتقال می‌دهد. از طرف دیگر، هزینه‌های پایین‌تر به دلیل بازده فزاینده نسبت به مقیاس منجر به حرکت از A به B بر روی منحنی  $AC_1$  می‌شود (هنگ، ۲۰۱۰). براین اساس، در این مطالعه از مدل معرفی شده توسط صدراپی جواهری (۲۰۰۷) که از ترکیب مدل لگاریتم خطی و تابع هزینه کابداگلاس به دست آمده، برای تفکیک اثر بازده نسبت به مقیاس و تأثیرات یادگیری استفاده شده است. در واقع، مدل لگاریتم خطی بر جنبه پویا و تابع هزینه کابداگلاس بر جنبه ایستای مزایای هزینه تأکید دارند. تابع تولید کابداگلاس برای هر صنعت به صورت معادله (۳) است:

$$\ln Y = \ln A + \beta \ln K + \alpha \ln L \quad (۳)$$

که در آن  $Y$  تولید،  $K$  سرمایه و  $L$  نیروی کار هستند. بنابراین، نرخ بازده نسبت به مقیاس ( $\sigma$ ) برابر با  $\beta + \alpha$  است. معادله (۴) تابع هزینه استخراج شده از تابع تولید کابداگلاس را نشان می‌دهد به طوری که C هزینه کل اسمی، r قیمت سرمایه و W قیمت نیروی کار در نظر گرفته شده است. معادله (۴) را می‌توان به صورت معادله (۵) در نظر گرفت که در آن h برابر است با

$$(\alpha + \beta) [A \alpha^\alpha \beta^\beta]^{-1/\sigma}$$



#### ۴. داده‌ها و توصیف متغیرها

این مطالعه کوشیده است تا نرخ یادگیری را در صنایع تولیدی ایران و در سطح کدهای چهار رقمی ISIC بررسی کند. در این خصوص، متغیرهای متعددی برای تخمین مدل ذکر شده در بخش پیشین به کار گرفته می‌شود. در مطالعات انجام شده در حوزه یادگیری از شاخص‌های متفاوتی برای تجربه به‌عنوان عامل یادگیری و هزینه استفاده کرده‌اند. تولید تجمعی، به‌عنوان مهم‌ترین شاخص برای تجربه، اولین بار توسط رایت در سال ۱۹۳۶ معرفی و پس از آن در بسیاری از مطالعات استفاده شده است. با این حال، متغیرهای دیگری نیز در این حوزه معرفی شده‌اند. برای مثال، نرخ تولید در مطالعات هرچلیفر<sup>۱</sup> (۱۹۶۲) و آلکیان<sup>۲</sup> (۱۹۶۳) و سرمایه‌گذاری تجمعی به‌عنوان جایگزینی برای تولید تجمعی در مطالعه ششینسکی<sup>۳</sup> (۱۹۶۷) به‌عنوان شاخص تجربه در نظر گرفته شده و شاخص زمان نیز در مطالعاتی مانند کوپر و چارنز<sup>۴</sup> (۱۹۵۴)، فلنر<sup>۵</sup> (۱۹۶۹) و استوباق و تونسن<sup>۶</sup> (۱۹۷۵) معرفی شده است. زمان تولید هر واحد، تعداد واحدهای تولید شده در یک فاصله زمانی و هزینه تولید هر واحد نیز به‌عنوان شاخص‌های مورد استفاده به‌عنوان هزینه در مدل منحنی یادگیری معرفی شده‌اند (فرانسسچینی و گلتو<sup>۷</sup>، ۲۰۰۲). با این حال و همسو با مطالعه رایت (۱۹۳۶) در این مطالعه نیز از تولید تجمعی به‌عنوان شاخصی برای تجربه استفاده شده است. علاوه بر آن، از آنجایی که تولید در کوتاه‌مدت تابعی از تنها یک متغیر و عموماً نیروی کار است، در این مطالعه فرض شده است که همه هزینه‌های یک بنگاه تنها شامل مزد و حقوق پرداختی سالانه به شاغلان و سایر پرداختی‌های سالانه به شاغلان است. بنابراین، متغیر هزینه در این مطالعه به صورت مزد و حقوق پرداختی سالانه به شاغلان و سایر پرداختی‌های سالانه به شاغلان تعیین شده است. از تعدیل‌کننده دستمزد و تعدیل‌کننده قیمت نیز به ترتیب برای تبدیل مزد و حقوق اسمی به مزد و حقوق واقعی و تولید اسمی به واقعی استفاده شده است. دوره مورد مطالعه در این پژوهش سال‌های ۸۴-۱۳۷۶ است که در این خصوص تنها بنگاه‌هایی که در سال ۱۳۷۶ شروع به فعالیت کرده و تا انتهای سال ۱۳۸۴ همچنان به فعالیت خود ادامه داده‌اند، در نظر گرفته شده است.

$$A_t = Q_t^{(-\lambda)} \quad (10)$$

معادله (۱۰) سطح دانش در زمان  $t$  را معادل تولید تجمعی در زمان  $t$  به توان  $(-\lambda)$  بیان می‌کند. با جایگزینی  $Q_t^{(-\lambda)}$  به جای  $A$  در معادله (۸) تابع هزینه کابداگلاس خطی به صورت معادله (۱۱) بیان می‌شود که در آن  $h' = \sigma \left[ \alpha^\alpha \beta^\beta \right]^{-1/\sigma}$  و در واقع همان  $h$  است که تأثیرات  $A$  از آن حذف شده است.

$$\ln C'_t = \ln h' + \frac{\lambda}{\sigma} \ln Q_t + \frac{1}{\sigma} Y_t + \varepsilon_t \quad (11)$$

برای حل تفاوت دوم در ارتباط با مفهوم هزینه، هزینه کل در تابع هزینه کابداگلاس به هزینه متوسط تبدیل می‌شود. بنابراین می‌توان هزینه متوسط را به صورت

$$c = C'/Y \Rightarrow \ln c = \ln C' - \ln Y$$

در نظر گرفت که در آن  $c$  هزینه متوسط،  $C'$  هزینه کل و  $Y$  تولید است.

با جایگزینی  $\ln h' + \frac{\lambda}{\sigma} \ln Q_t + \frac{1}{\sigma} Y_t$  به جای  $\ln C'$  در تعریف بالا از هزینه متوسط معادله (۱۲) به دست می‌آید.

$$\ln c_t = \ln h' + \frac{\lambda}{\sigma} \ln Q_t + \frac{1-\sigma}{\sigma} \ln Y_t + \varepsilon_t \quad (12)$$

برای تخمین ضرایب، می‌توان معادله خطی (۱۳) را استفاده کرد که در آن  $C_t$  هزینه واقعی تولید در زمان  $t$ ،  $Q_t$  تعداد تجمعی واحدهای تولید شده تا زمان  $t$  (شاخصی برای تجربه) و  $Y_t$  تولید در زمان  $t$  می‌باشد. علامت مورد انتظار  $\beta_1$  منفی و  $\beta_2$  مثبت است.

$$\ln c_t = \beta_0 + \beta_1 \ln Q_t + \beta_2 \ln Y_t + \varepsilon_t \quad (13)$$

همان‌طور که پیشتر بیان شد،  $\lambda$  و  $\sigma$  به ترتیب تخمین‌هایی از جنبه‌های پویا و ایستا مزایای هزینه هستند که از طریق روابط زیر به دست می‌آیند.

$$\sigma = \frac{1}{1 + \beta_2} \quad \& \quad \lambda = \frac{\beta_1}{1 + \beta_2} \quad (14)$$

1. Hirschleifer
2. Alchian
3. Sheshinski
4. Cooper and Charnes
5. Fellner
6. Stobaugh and Townsend
7. Franceschini and Galetto

برتر (HT)، فناوری متوسط برتر (MHT)، فناوری متوسط به پایین (MLT) و فناوری پایین (LT) جای داده‌است که در جدول (۱) طبقه‌بندی براساس کدهای چهار رقمی ISIC آورده شده است.

از سوی دیگر، برای بررسی فناوری از طبقه‌بندی صنایع براساس تعریف OECD استفاده شده است، زیرا این طبقه‌بندی از جامعیت بسیاری در سطح جهانی برخوردار است. لازم به یادآوری است که طبقه‌بندی OECD براساس شدت R&D، صنایع را در گروه‌های چهارگانه با فناوری

جدول ۱. طبقه‌بندی OECD از صنایع در سطح کدهای چهار رقمی ISIC برحسب سطح فناوری

فناوری برتر (HT)	فناوری متوسط برتر (MHT)	فناوری متوسط به پایین (MLT)	فناوری پایین (LT)
			۱۵۱۵-۱۵۱۴-۱۵۱۲
			۱۵۱۸-۱۵۱۷-۱۵۱۶
			۱۵۳۱-۱۵۲۰-۱۵۱۹
			۱۵۴۲-۱۵۳۳-۱۵۳۲
	۲۴۱۳-۲۴۱۲-۲۴۱۱		۱۵۴۵-۱۵۴۴-۱۵۴۳
	۲۴۲۴-۲۴۲۲-۲۴۲۱	۲۳۳۰-۲۳۱۰-۲۳۲۰	۱۵۴۸-۱۵۴۷-۱۵۴۶
	۲۹۱۱-۲۹۳۰-۲۹۲۹	۲۵۲۰-۲۵۱۹-۲۵۱۱	۱۵۵۳-۱۵۵۲-۱۵۵۱
	۲۹۱۴-۲۹۱۳-۲۹۱۲	۲۶۹۱-۲۶۱۲-۲۶۱۱	۱۶۰۰-۱۵۵۶-۱۵۵۵
	۲۹۲۱-۲۹۱۹-۲۹۱۵	۲۶۹۵-۲۶۹۴-۲۶۹۲	۱۷۲۱-۱۷۱۲-۱۷۱۱
۳۲۱۰-۳۰۰۰-۲۴۲۳	۲۹۲۴-۲۹۲۳-۲۹۲۲	۲۶۹۸-۲۶۹۷-۲۶۹۶	۱۷۲۵-۱۷۲۴-۱۷۲۳
۳۳۱۱-۳۲۳۰-۳۲۲۰	۲۹۲۷-۲۹۲۶-۲۹۲۵	۲۷۲۱-۲۷۲۰-۲۶۹۹	۱۷۳۱-۱۷۲۹-۱۷۲۶
۳۳۲۰-۳۳۱۳-۳۳۱۲	۳۱۱۰-۲۹۳۰-۲۹۲۹	۲۷۳۱-۲۷۲۳-۲۷۲۲	۱۸۲۰-۱۸۱۰-۱۷۳۲
۳۵۳۰-۳۳۳۰	۳۱۴۰-۳۱۳۰-۳۱۲۰	۲۸۱۲-۲۸۱۱-۲۷۳۲	۱۹۲۰-۱۹۱۲-۱۹۱۱
	۳۴۱۰-۳۱۹۰-۳۱۵۰	۲۸۹۲-۲۸۹۱-۲۸۱۳	۲۰۲۲-۲۰۲۱-۲۰۱۰
	۳۵۲۰-۳۴۳۰-۳۴۲۰	۳۵۱۱-۲۸۹۹-۲۸۹۳	۲۱۰۱-۲۰۲۹-۲۰۲۳
	۳۵۹۲-۳۵۹۱-۳۵۳۰	۳۵۱۲	۲۲۱۱-۲۱۰۹-۲۱۰۲
	۳۵۹۹		۲۲۱۹-۲۲۱۳-۲۲۱۲
			۲۲۳۰-۲۲۲۲-۲۲۲۱
			۳۶۹۲-۳۶۹۱-۳۶۲۰
			۳۶۹۹-۳۶۹۴-۳۶۹۳
			۳۷۲۰-۳۷۱۰

## ۵. نتایج تحقیق

ماهیت داده‌های مورد استفاده در این پژوهش ایجاب می‌کند تا از روش رگرسیون داده‌های تابلویی (پانل دیتا) برای تعیین نرخ یادگیری در صنایع تولیدی ایران استفاده شود. در این خصوص، ابتدا لازم است مانایی تمام متغیرهای مدل بررسی شود، زیرا نامانایی در داده‌های سری زمانی و داده‌های تابلویی باعث بروز رگرسیون کاذب می‌شود. نتایج آزمون‌های لوین، لین و چو<sup>۱</sup> (۲۰۰۲) و ایم، پسران و شین<sup>۲</sup> (۲۰۰۳) نشان داده است که فرضیه صفر برای همه صنایع در سطح ۵ درصد رد شده است. همچنین نتایج آزمون نسبت درست‌نمایی<sup>۳</sup>، بیان‌کننده رد فرضیه وجود همسانی واریانس است؛ بنابراین بهترین راه برای تخمین مدل، روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته (GLS) است. براین اساس، نتایج برآورد ضرایب معادله (۱۳) در جدول (۲) نشان داده شده و لازم به ذکر است این نتایج تنها برای مدل‌ها و ضرایب معنی‌دار بیان شده است.

## جدول ۲. تخمین ضرایب مدل

کد صنعت	نام صنعت	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
	عمل آوری و حفاظت			
۱۵۱۶	گوشت و فرآورده‌های گوشتی از فساد	۴/۷۱	۰/۱۵-	۰/۵۸-
۱۵۳۱	آماده‌سازی و آردکردن غلات و حبوب	۱/۶۵	۰/۳۷-	۰/۱۳-
۱۵۳۲	تولید نشاسته و فرآورده‌های نشاسته‌ای	۰/۶۲-	۰/۸۱-	۰/۵۱
۱۵۳۳	تولید خوراک دام و حیوانات	۴/۳۴	۰/۳۹-	۰/۳۲-

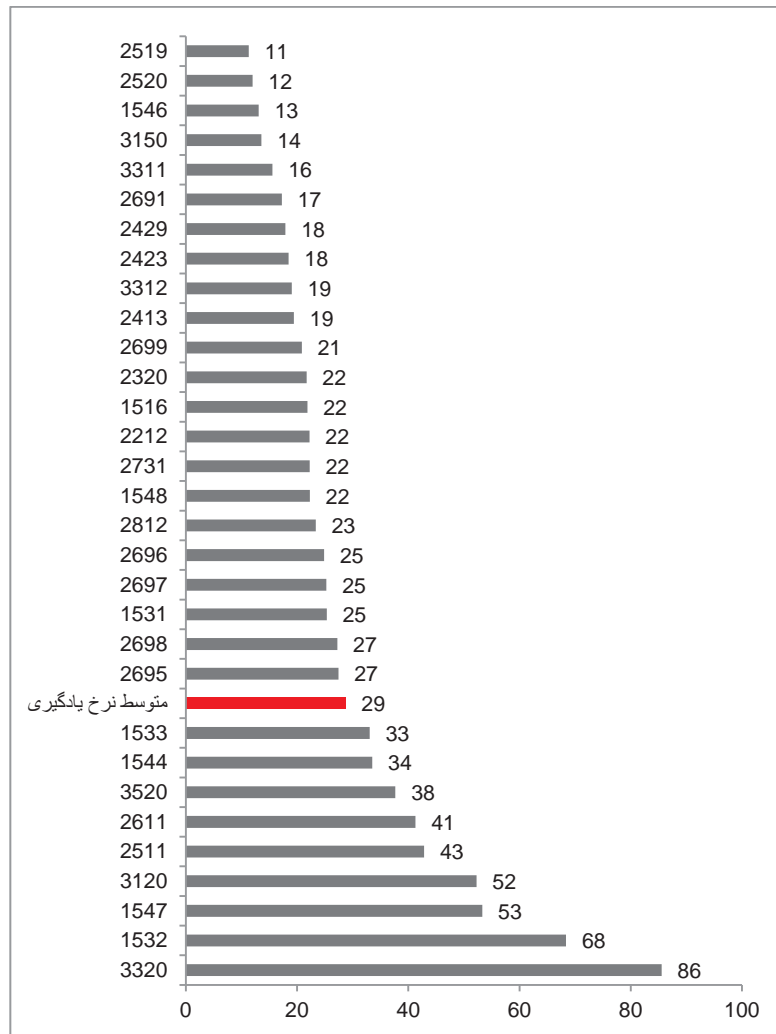
کد صنعت	نام صنعت	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
	تولید رشته و ماکارونی و			
۱۵۴۴	ورمیشل و محصولات آردی مشابه	۴/۲۶	۰/۴۲-	۰/۲۸-
۱۵۴۶	تولید نان شیرینی و بیسکویت و کیک	۱/۸۱	۰/۱۱-	۰/۴۷-
۱۵۴۷	چای‌سازی	۹/۹۱	۰/۳۲-	۰/۷۱-
	تولید سایر محصولات			
۱۵۴۸	غذایی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۲/۲۶	۰/۲۶-	۰/۲۸-
	انتشار روزنامه و مجله و نشریات ادواری			
۲۲۱۲	انتشار روزنامه و مجله و نشریات ادواری	۱/۳۷	۰/۲۹-	۰/۲۰-
	تولید فرآورده‌های نفتی تصفیه‌شده			
۲۳۲۰	تولید فرآورده‌های نفتی تصفیه‌شده	۳/۸۳-	۰/۴۵-	۰/۲۶
	تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی			
۲۴۱۳	تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی	۰/۰۹	۰/۲۵-	۰/۱۸-
	تولید دارو و مواد شیمیایی			
۲۴۲۳	مورد استفاده در پزشکی و محصولات دارویی گیاهی	۴/۱۴-	۰/۱۶	۰/۳۴-
	تولید سایر محصولات			
۲۴۲۹	شیمیایی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۰/۸۱	۰/۲۱-	۰/۲۶-

1. Lin and Chu
2. Im, Pesaran and Shin
3. Likelihood Ratio (LR)



$\beta_2$	$\beta_1$	$\beta_0$	نام صنعت	کد صنعت	$\beta_2$	$\beta_1$	$\beta_0$	نام صنعت	کد صنعت
۰/۴۹-	۰/۵۴-	۱۱/۳۴	تولید دستگاه‌های توزیع و کنترل نیروی برق	۳۱۲۰	۰/۳۳	۰/۵۴-	۲/۸۷-	تولید لاستیک رویی و تویی و روکش مجدد و بازسازی لاستیک‌های رویی	۲۵۱۱
۰/۲۶	۰/۲۶-	۶/۰۶-	تولید لامپ‌های الکتریکی و تجهیزات روشنایی	۳۱۵۰	۰/۲۶-	۰/۱۳-	۰/۵۸-	تولید سایر محصولات لاستیکی	۲۵۱۹
۰/۲۹-	۰/۱۷-	۰/۵۳	تولید تجهیزات پزشکی و جراحی و وسایل ارتوپدی	۳۳۱۱	۰/۲۶-	۰/۱۴-	۰/۷۵-	محصولات پلاستیکی به جز کفش	۲۵۲۰
			تولید وسایل ویژه اندازه‌گیری و کنترل و آزمایش و دریاوردی و مقاصد دیگر به جز تجهیزات کنترل عملیات صنعتی	۳۳۱۲	۰/۳۶-	۰/۴۹-	۱۰/۹۵	تولید شیشه جام	۲۶۱۱
۰/۲۱	۰/۳۷-	۳/۶۴-	تولید ابزارهای اپتیکی و تجهیزات عکاسی	۳۳۲۰	۰/۵۴	۰/۴۲-	۸/۸۵-	تولید کالاهای سرامیکی غیر نسوز غیر ساختمانی	۲۶۹۱
۰/۲۶-	۰/۵۰-	۷/۰۴	تولید و تعمیر تجهیزات راه‌آهن	۳۵۲۰	۰/۲۶-	۰/۳۴-	۲/۶۵	تولید محصولات ساخته‌شده از بتن و سیمان و گچ	۲۶۹۵
۰/۷۷-	۰/۶۳-	۱۶/۹۶	تولید ابزارهای اپتیکی و تجهیزات عکاسی	۳۳۲۰	۰/۱۷-	۰/۳۴-	۱/۰۶	بریدن و شکل‌دادن و تکمیل سنگ	۲۶۹۶
۰/۲۶-	۰/۵۰-	۷/۰۴	تولید و تعمیر تجهیزات راه‌آهن	۳۵۲۰	۰/۳۳	۰/۵۶-	۲/۲۸-	تولید آجر	۲۶۹۷
۰/۴۹-	۰/۵۴-	۱۱/۳۴	تولید دستگاه‌های توزیع و کنترل نیروی برق	۳۱۲۰				تولید سایر محصولات گلی	
۰/۴۹-	۰/۵۴-	۱۱/۳۴	تولید دستگاه‌های توزیع و کنترل نیروی برق	۳۱۲۰	۰/۳۹	۰/۶۴	۱/۹۰-	و سرامیکی غیر نسوز ساختمانی	۲۶۹۸
۰/۲۶	۰/۲۶-	۶/۰۶-	تولید لامپ‌های الکتریکی و تجهیزات روشنایی	۳۱۵۰				تولید سایر محصولات کانی	
۰/۲۹-	۰/۱۷-	۰/۵۳	تولید تجهیزات پزشکی و جراحی و وسایل ارتوپدی	۳۳۱۱	۰/۱۶-	۰/۲۸-	۰/۳۶	غیر فلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۲۶۹۹
			تولید وسایل ویژه اندازه‌گیری و کنترل و آزمایش و مقاصد دیگر به جز تجهیزات کنترل عملیات صنعتی	۳۳۱۲	۰/۲۴-	۰/۲۸-	۱/۵۸	ریخته‌گری آهن و فولاد	۲۷۳۱
			تولید وسایل ویژه اندازه‌گیری و کنترل و آزمایش و مقاصد دیگر به جز تجهیزات کنترل عملیات صنعتی	۳۳۱۲	۰/۶۹	۰/۶۵-	۶/۹۱-	تولید مخازن و انباره‌ها و ظروف فلزی مشابه	۲۸۱۲

ماخذ: نتایج تحقیق



نمودار ۲. رتبه‌بندی نرخ یادگیری بنگاه‌های جدیدالورود صنایع تولیدی ایران در سطح کدهای چهار رقمی ISIC

کد ۳۳۲۰) و پایین‌ترین جایگاه به صنعت تولید سایر محصولات لاستیکی (کد ۲۵۱۹) تعلق داشته است. این نتایج، در واقع بیان‌کننده آن است که با دو برابر شدن تجربه، هزینه واحد براساس نرخ‌های ذکر شده در جدول (۳) کاهش می‌یابد. نمودار (۲) نرخ یادگیری را در این صنایع به تصویر کشیده است.

جدول (۳) همچنین جنبه ایستا از مزایای هزینه یعنی صرفه‌های مقیاس را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشهود است، صرفه‌های مقیاس در هشت صنعت (شامل صنایع با کدهای ۲۴۲۳، ۲۳۳۰، ۲۶۹۱، ۲۶۹۷، ۲۶۹۸، ۲۸۱۲، ۳۱۵۰ و ۳۳۱۲) منفی است و به عبارتی بازده کاهنده نسبت به مقیاس را تجربه کرده‌اند. با این حال، از

براساس ضرایب به‌دست‌آمده از تخمین‌ها در جدول (۲)، مقادیر  $\lambda$  و  $\sigma$  از طریق روابط (۱۴) محاسبه شده و سپس جنبه‌های پویا و ایستای مزایای هزینه و یا به عبارتی نرخ یادگیری (LR) و صرفه‌های مقیاس (ES) براساس معادلات  $LR = 1 - 2^{\lambda}$  و  $ES = \sigma - 1$  محاسبه شده‌اند. نتایج این محاسبات برای صنایع ذکر شده در جدول (۳) ارائه شده است. همان‌گونه که مشهود است، تأثیر یادگیری در میان ۳۱ صنعت مورد بررسی یکسان نیست و در واقع نرخ یادگیری در این صنایع در دامنه ۱۱ تا ۸۶ درصد قرار دارد. بالاترین نرخ یادگیری به صنعت تولید ابزارهای اپتیکی و تجهیزات عکاسی

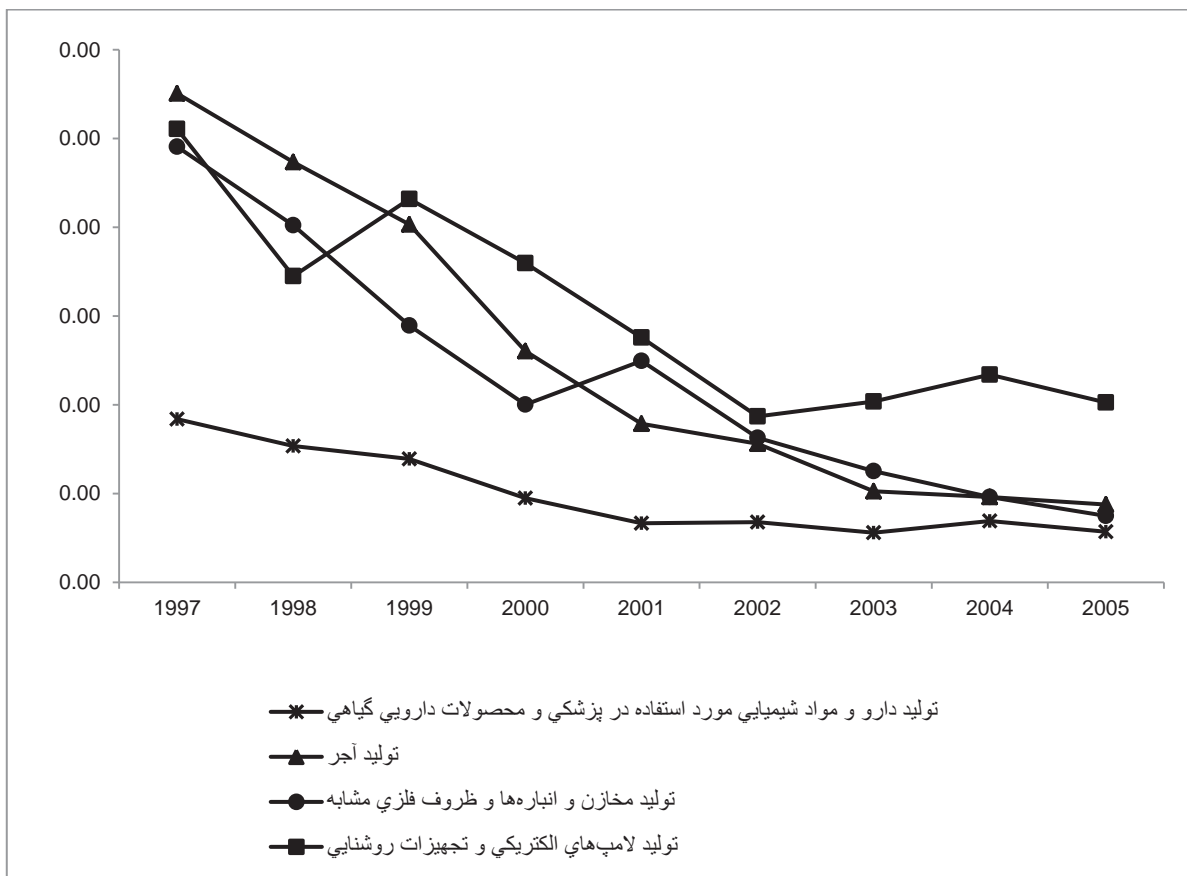
آن‌جایی که نرخ یادگیری در این صنایع مثبت می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت کاهش در هزینه با تأثیر یادگیری مرتبط است. این مسئله در نمودار (۳) برای چهار صنعت منتخب نشان داده شده و در واقع، باوجود بازده کاهنده نسبت به مقیاس، در اثر یادگیری، هزینه واحد در این صنایع کاهش یافته‌است.

جدول ۳. نرخ یادگیری و صرفه‌های مقیاس در سطح کدهای چهار رقمی ISIC

ES	LR	نام صنعت	کد صنعت
۱۳۵/۸	۲۱/۹	عمل آوری و حفاظت گوشت و فرآورده‌های گوشتی از فساد	۱۵۱۶
۱۴/۹	۲۵/۴	آماده‌سازی و آردکردن غلات و حبوب	۱۵۳۱
۱۰۴/۵	۶۸/۴	تولید نشاسته و فرآورده‌های نشاسته‌ای	۱۵۳۲
۴۶/۶	۳۳/۱	تولید خوراک دام و حیوانات	۱۵۳۳
۳۸/۹	۳۳/۵	تولید رشته و ماکارونی و ورمیشل و محصولات آردی مشابه	۱۵۴۴
۸۹/۴	۱۳/۱	تولید نان شیرینی و بیسکویت و کیک	۱۵۴۶
۲۴۱/۳	۵۳/۳	چای‌سازی	۱۵۴۷
۳۹/۵	۲۲/۳	تولید سایر محصولات غذایی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۱۵۴۸
۲۵/۶	۲۲/۲	انتشار روزنامه و مجله و نشریات ادواری	۲۲۱۲
۲۰/۹-	۱۷/۹	تولید فرآورده‌های نفتی تصفیه شده	۲۴۲۹
۲۲/۷	۴۲/۹	تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی	۲۵۱۱
۱۳/۶-	۱۱/۳	تولید دارو و مواد شیمیایی مورد استفاده در پزشکی و محصولات دارویی گیاهی	۲۵۱۹
۳۴/۲	۱۲/۰	تولید سایر محصولات شیمیایی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۲۵۲۰
۴۹/۵	۱۷/۳	تولید لاستیک رویی و تویی و روکش کردن مجدد و بازسازی لاستیک‌های رویی	۲۶۹۱
۳۵/۳	۲۴/۹	تولید سایر محصولات لاستیکی	۲۶۹۶
۳۴/۶	۲۵/۳	محصولات پلاستیکی به جز کفش	۲۶۹۷
۵۵/۵	۲۷/۲	تولید شیشه جام	۲۶۹۸
۳۵/۲-	۲۰/۸	تولید کالاهای سرامیکی غیر نسوز غیر ساختمانی	۲۶۹۹
۳۵/۳	۲۲/۳	تولید محصولات ساخته شده از بتن و سیمان و گچ	۲۷۳۱
۲۰/۹	۲۳/۴	بریدن و شکل دادن و تکمیل سنگ	۲۸۱۲
۲۴/۷-	۵۲/۳	تولید آجر	۳۱۲۰
۲۸/۴-	۱۳/۶	تولید سایر محصولات گلی و سرامیکی غیر نسوز ساختمانی	۳۱۵۰
۱۹/۲	۸۵/۶	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۳۳۲۰
۳۱/۲	۳۷/۷	ریخته‌گری آهن و فولاد	۳۵۲۰
۴۱/۰-	۲۱/۹	تولید مخازن و انباره‌ها و ظروف فلزی مشابه	۱۵۱۶
۹۸/۴	۲۵/۴	تولید دستگاه‌های توزیع و کنترل نیروی برق	۱۵۳۱
۲۰/۸-	۶۸/۴	تولید لامپ‌های الکتریکی و تجهیزات روشنایی	۱۵۳۲

ES	LR	نام صنعت	کد صنعت
۴۱/۰	۳۳/۱	تولید تجهیزات پزشکی و جراحی و وسایل ارتوپدی	۱۵۳۳
۱۷/۴-	۳۳/۵	تولید وسایل ویژه اندازه‌گیری و کنترل و آزمایش و دریاوردی و مقاصد دیگر ...	۱۵۴۴
۳۴۲/۵	۱۳/۱	تولید ابزارهای اپتیکی و تجهیزات عکاسی	۱۵۴۶
۳۵/۳	۵۳/۳	تولید و تعمیر تجهیزات راه‌آهن	۱۵۴۷
	۴۴/۹	متوسط	۲۸/۷

ماخذ: نتایج تحقیق



نمودار ۳. روند هزینه در صنایع منتخب با بازده کاهنده نسبت به مقیاس

داشته است. با این حال، با محاسبه متوسط یادگیری در سطح کدهای چهار رقمی ISIC، همان‌طور که در جدول (۳) مشهود است، یافته‌ها حاکی از آن است که متوسط یادگیری از متوسط صرفه‌های مقیاس کمتر است؛ بنابراین، به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که یادگیری در سطح کدهای چهار رقمی ISIC تأثیر کمتری بر کاهش هزینه‌ها نسبت به صرفه‌های مقیاس گذاشته و به‌عبارت‌دیگر،

بالاترین میزان صرفه‌های مقیاس نیز همانند نرخ یادگیری به صنعت تولید ابزارهای اپتیکی و تجهیزات عکاسی (کد ۳۳۲۰) اختصاص دارد. مقایسه نرخ یادگیری و صرفه‌های مقیاس در این صنایع حاکی از آن است که بازده صنعت نرخ یادگیری بالاتر از صرفه‌های مقیاس را تجربه کرده‌اند و به‌عبارتی یادگیری در این صنایع تأثیر بیشتری بر کاهش هزینه‌ها نسبت به صرفه‌های مقیاس

صرفه‌های مقیاس نقش مهم‌تری را در کاهش هزینه‌ها نسبت به یادگیری ایفا می‌کند. چهار سطح فناوری پایین (LT)، فناوری متوسط به پایین (MLT)، فناوری متوسط برتر (MHT) و فناوری برتر (HT) تقسیم می‌کند. مقایسه نرخ یادگیری در این گروه از صنایع در جداول شماره (۴) تا (۷) ارائه شده است. برای بررسی تاثیر سطوح فناوری بر یادگیری در این پژوهش از طبقه‌بندی OECD استفاده شده است. این طبقه‌بندی صنایع را به

جدول ۴. ارتباط بین صنایع با فناوری بالا (HT) و نرخ یادگیری در سطح کدهای چهار رقمی ISIC

کد صنعت	نام صنعت	LR
۲۴۲۳	تولید دارو و مواد شیمیایی مورد استفاده در پزشکی و محصولات دارویی گیاهی	۱۸/۵
۳۳۱۱	تولید تجهیزات پزشکی و جراحی و وسایل ارتوپدی	۱۵/۶
۳۳۱۲	تولید وسایل ویژه اندازه‌گیری و کنترل و آزمایش و دریانوردی و مقاصد دیگر به جز ...	۱۹/۱
۳۳۲۰	تولید ابزارهای اپتیکی و تجهیزات عکاسی	۸۵/۶
	متوسط	۳۴/۷

ماخذ: نتایج تحقیق

جدول ۵. ارتباط بین صنایع با فناوری متوسط برتر (MHT) و نرخ یادگیری در سطح کدهای چهار رقمی ISIC

کد صنعت	نام صنعت	LR
۲۴۱۳	تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی	۱۹/۴
۲۴۲۹	تولید سایر محصولات شیمیایی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۱۷/۹
۳۱۲۰	تولید دستگاه‌های توزیع و کنترل نیروی برق	۵۲/۳
۳۱۵۰	تولید لامپ‌های الکتریکی و تجهیزات روشنایی	۱۳/۶
۳۵۲۰	تولید و تعمیر تجهیزات راه‌آهن	۳۷/۷
	متوسط	۲۸/۲

ماخذ: نتایج تحقیق

جدول ۶. ارتباط بین صنایع با فناوری متوسط به پایین (MLT) و نرخ یادگیری در سطح کدهای چهار رقمی ISIC

کد صنعت	نام صنعت	LR
۲۳۲۰	تولید فرآورده‌های نفتی تصفیه‌شده	۲۱/۷
۲۵۱۱	تولید لاستیک رویی و تویی و روکش کردن مجدد و بازسازی لاستیک‌های رویی	۴۲/۹
۲۵۱۹	تولید سایر محصولات لاستیکی	۱۱/۳

LR	نام صنعت	کد صنعت
۱۲/۰	محصولات پلاستیکی به‌جز کفش	۲۵۲۰
۴۱/۳	تولید شیشه جام	۲۶۱۱
۱۷/۳	تولید کالاهای سرامیکی غیر نسوز غیر ساختمانی	۲۶۹۱
۲۷/۴	تولید محصولات ساخته‌شده از بتن و سیمان و گچ	۲۶۹۵
۲۴/۹	بریدن و شکل‌دادن و تکمیل سنگ	۲۶۹۶
۲۵/۳	تولید آجر	۲۶۹۷
۲۷/۲	تولید سایر محصولات گلی و سرامیکی غیر نسوز ساختمانی	۲۶۹۸
۲۰/۸	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۲۶۹۹
۲۲/۳	ریخته‌گری آهن و فولاد	۲۷۳۱
۲۳/۴	تولید مخازن و انباره‌ها و ظروف فلزی مشابه	۲۸۱۲
۲۴/۴	متوسط	

ماخذ: نتایج تحقیق

جدول ۷. ارتباط بین صنایع با فناوری پایین (LT) و نرخ یادگیری در سطح کدهای چهار رقمی ISIC

LR	نام صنعت	کد صنعت
۲۱/۹	عمل آوری و حفاظت گوشت و فرآورده‌های گوشتی از فساد	۱۵۱۶
۲۵/۴	آماده‌سازی و آردکردن غلات و حبوب	۱۵۳۱
۶۸/۴	تولید نشاسته و فرآورده‌های نشاسته‌ای	۱۵۳۲
۳۳/۱	تولید خوراک دام و حیوانات	۱۵۳۳
۳۳/۵	تولید رشته و ماکارونی و ورمیشل و محصولات آردی مشابه	۱۵۴۴
۱۳/۱	تولید نان شیرینی و بیسکویت و کیک	۱۵۴۶
۵۳/۳	چای‌سازی	۱۵۴۷
۲۲/۳	تولید سایر محصولات غذایی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۱۵۴۸
۲۲/۲	انتشار روزنامه و مجله و نشریات ادواری	۲۲۱۲
۳۲/۶	متوسط	

ماخذ: نتایج تحقیق



یافته‌ها حاکی از آن است که بیشترین میزان یادگیری براساس متوسط یادگیری صنایع متعلق به طبقه فناوری برتر و کمترین آن متعلق به طبقه فناوری متوسط به پایین است. با این حال، مقایسه سطوح فناوری پایین و فناوری متوسط برتر حاکی از آن است که یادگیری در سطوح فناوری متوسط برتر کمتر از فناوری پایین است. به عبارت دیگر، میزان یادگیری در این سطح از صنایع به ترتیب در طبقه فناوری برتر، فناوری پایین، فناوری متوسط برتر و فناوری متوسط به پایین از متوسط یادگیری بالاتری برخوردار هستند.

## ۶. بحث و نتیجه‌گیری

توجه به مسئله یادگیری در صنایع به ویژه در دهه‌های اخیر از توجه و اهمیتی دو چندان برخوردار بوده و این در حالی است که این موضوع تاکنون در ایران بررسی نشده است. بر این اساس، این پژوهش با هدف دستیابی دیدگاهی کلی نسبت به نرخ یادگیری در صنایع تولیدی ایران (به‌عنوان محور توسعه اقتصادی) در سطح کدهای چهار رقمی ISIC و بررسی تاثیر سطوح فناوری بر آن صورت پذیرفته است. این در حالی است که اگرچه مدل‌های متفاوتی در ادبیات اقتصاد صنعتی برای تخمین منحنی یادگیری وجود دارد، اما همسو با مطالعات این حوزه و برای تفکیک جنبه‌های ایستا (صرفه‌های مقیاس) و پویای مزایای هزینه (صرفه‌های یادگیری)، از تلفیق دو مدل لگاریتم خطی و تابع هزینه کابداگلاس سود جسته است. یافته‌های این پژوهش به‌طور کلی نشان‌دهنده آن است که اگرچه در دوره میان مدت مورد بررسی در اکثر صنایع پدیده یادگیری رخ داده است اما نسبت به صرفه‌های مقیاس، نرخ یادگیری تأثیر کمتری بر کاهش هزینه‌ها داشته و به عبارتی، تأثیر صرفه‌های مقیاس بر کاهش

هزینه‌ها بیشتر از یادگیری است. بر این اساس و در فضای بخش صنعت، جهت‌دهی به استفاده از مزایای یادگیری و نیز توجه به صنایعی که از نرخ یادگیری پایین‌تری برخوردارند از الزامات سیاست‌گذاری در صنایع تولیدی ایران است. با تاکید بر سطوح فناوری و براساس طبقه‌بندی OECD، نتایج این پژوهش مبین آن است که بنگاه‌های فعال در صنایعی با فناوری بالا از نرخ یادگیری بالاتری نیز برخوردارند. از نظر سیاست‌گذاری، این یافته نیز لزوم توجه به صنایعی با فناوری برتر را آشکار کرده و نشان می‌دهد که نرخ یادگیری بالاتر در این صنایع قادر است برخی از هزینه‌های اولیه آن‌ها را پوشش داده و از این‌رو توجه به آن‌ها لازمه سیاست‌گذاری توسعه صنعتی است.

پژوهش حاضر و نتایج آن، دارای محدودیت‌هایی است که دقت در تفسیر نتایج آن را دوچندان کرده و از این‌رو انجام مطالعات بیشتر در این راستا پیشنهاد می‌شود. برای مثال، تابع تولید تنها تابع نیروی کار در نظر گرفته شده و این موضوع در دوره میان مدت هشت ساله مورد بررسی، قابل تردید است. علاوه بر آن، طبقه‌بندی صنایع برحسب سطح فناوری در این مطالعه براساس تعریف OECD صورت گرفته و این در حالی است که ممکن است این تفکیک با ساختار صنایع تولیدی ایران سازگاری چندانی نداشته باشد. همچنین، امکان به‌روزرسانی نتایج این مطالعه با توجه به محدودیت داده‌های بنگاه‌های جدیدالورد در صنایع تولیدی، مقدور نبوده است. با این حال، این مطالعه می‌تواند، به‌عنوان گام‌هایی نخستین در ادبیات اقتصاد صنعتی در ایران، شروعی برای مطالعات این حوزه قلمداد شود.

## منابع

- Alchian, A. (1963). "Reliability of Process Curves in Airframe Production", *Econometrica*, No. 31, pp. 679-693.
- Anzanello, M. J. and F.S. Fogliatto (2011), "Selecting the Best Clustering Variables for Grouping Mass-customized Products Involving Workers' Learning", *International Journal of Production Economics*, 130(2), pp. 268-276.
- Balasubramanian, N. and M.B. Lieberman (2010), "Industry learning environments and the heterogeneity of firm Performance", *Strategic Management Journal*, 31(4), pp. 390-412.
- Clarke, A. (2008), *Learning-by-doing and Productivity Dynamics in Manufacturing*, University of Melbourne.
- Fellner, W. (1969), "Specific Interpretations of Learning by Doing", *Journal of Economic Theory*, 1(2), pp. 119-140.
- Franceschini, F. and M. Galetto (2002), "Asymptotic Defectiveness of Manufacturing Plants: An Estimate Based on Process Learning International", *Journal of Production Research*, 40(3), pp. 537-545.
- Heng, T. M. (2010), "Learning Curves & Productivity in Singapore Manufacturing Industries", Paper presented at the Second Annual Conference of the Academic Network for Development in Asia (ANDA), *Phnom Penh*, Cambodia.
- Hirshleifer, J. (1962), "The firm's Cost Function: A Successful Reconstruction?", *Journal of Business*, 35 (3), pp.235-255.
- Im, K. S.; Pesaran, M H. and Y. Shin (2003), "Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels", *Journal of Econometrics*, 115(1), pp. 53-74.
- Javaheri, A. S. (2007), "The Source of Cost Advantage in Selected INDIAN Manufacturing Industries", *Iranian Economic Review*, (19), pp. 89-104.
- Johnson, C. (1982), *MITI and the Japanese Miracle: the Growth of Industrial Policy: 1925-1975*, Stanford University Press.
- Klenow, P. J. (1998), "Learning Curves and the Cyclical Behavior of Manufacturing Industries", *Review of Economic Dynamics*, 1(2), pp. 531-550.
- Levin, A.; Lin, C. F. and C.S.J. Chu (2002), "Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-sample Properties", *Journal of Econometrics*, 108(1), pp.1-24.
- Lieberman, M. B. (1987), "The Learning Curve, Diffusion, and Competitive Strategy", *Strategic Management Journal*, 8(5), pp. 441-452.
- Lincoln, E. J. (1988), *Japan, facing economic maturity*, Brookings Institution Press.
- Morishima, M. (1982), *Why has Japan Succeeded? Western technology and the Japanese ethos*, Cambridge University Press.
- Pramongkit, P.; Shawyun, T. and B. Sirinaovakul (2000), "Analysis of Technological Learning for the Thai Manufacturing Industry", *Technovation*, 20(4), pp. 189-195.
- Sheshinski, E. (1967), "Tests of the learning by doing hypothesis", *The Review of Economics and Statistics*, pp.568-578.
- Stobaugh, R.B. and P.L. Townsend (1975), "Price Forecasting and Strategic Planning: the Case of Petrochemicals", *Journal of Marketing Research*, pp. 19-29.
- Takahashi, N. (2013), "Jumping to Hasty Experience Curves", *Annals of Business Administrative Science*, 12(2), pp. 71-87.
- Wright, T. P. (1936), "Factors Affecting the Cost of Airplanes", *Journal of the Aeronautical Sciences (Institute of the Aeronautical Sciences)*, 3(4), pp. 122-128.