

نقش فناوری بر اشتغال صنایع کارخانه‌ای ایران

دکتر بیژن باصری*
دکتر اسفندیار جهانگرد**

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵/۵/۱۵

تاریخ ارسال: ۱۳۸۴/۹/۳۰

چکیده

در مطالعات رشد اقتصادی، فناوری موتور رشد تلقی می‌گردد. هزینه تحقیق و توسعه (R&D) نیز در بسیاری از مطالعات به عنوان متغیر جانشین فناوری و نوآوری در تولید به کار گرفته شده است. تحقیق و توسعه از طریق تأثیری که بر ایجاد نوآوری و فناوری تولید به جا می‌گذارد از یک سو فرایندهای تولید را متحول می‌کند و از سوی دیگر از طریق تأثیر بر کاهش هزینه عوامل تولید، باعث بهبود در استفاده مطلوب از منابع می‌شود. علاوه بر این، تحقیق و توسعه از طریق افزایش بهره‌وری نیروی کار، باعث افزایش کیفیت محصولات تولیدی، و نیز سطح و میزان تولید در هر بخش و هر رشته فعالیت اقتصادی می‌شود. در این مطالعه، با لحاظ هزینه تحقیق و توسعه به منزله فناوری، میزان و نحوه تأثیر هزینه تحقیق و توسعه بر اشتغال صنایع کارخانه‌ای ایران بررسی و تحلیل شده است. روش الگوسازی چند سطحی و دوره زمانی مطالعه ۱۳۷۴-۱۳۷۹، بر اساس کدهای ISIC چهار رقمی صنعت و روش برآورد مدلها روش حداکثر درست‌نمایی (ML) است. متغیر معرف فناوری، نسبت هزینه توسعه و تحقیق به ارزش افزوده در فعالیتهای مختلف صنعتی است که تأثیر آن بر اشتغال صنایع کارخانه‌ای ایران مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتیجه این مطالعه، حاکی از آن است که فناوری، جانشین نیروی کار غیر ماهر و مکمل نیروی کار ماهر در صنایع کارخانه‌ای ایران است.

طبقه بندی JEL: O33, J51

واژگان کلیدی: اشتغال، صنایع کارخانه‌ای، الگوی چند سطحی، ایران

* استادیار دانشکده اقتصاد و حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز e-mail: bbaseri@gmail.com

** استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی e-mail: ejahangard@gmail.com

مقدمه

هم‌اکنون، تحقیق و توسعه، کلید رقابت و دستیابی به فناوریهای مدرن دنیا قلمداد می‌شود. فناوری می‌تواند ماهیت تولیدات یک کشور را دگرگون سازد و بهبودهای اساسی در عرصه زندگی اقتصادی و اجتماعی ایجاد کند. امروزه، به تبع تحولات اساسی در تحقیق و توسعه، تغییرات گسترده‌ای در تولید و ساختار اقتصاد از وضعیتی سنتی به شرایطی فراصنعتی و اطلاعاتی صورت گرفته است. کلید چنین پیشرفتی در استفاده از سرمایه انسانی، گسترش تحقیق و توسعه، به کارگیری متناسب مهارتها و تلفیق این مقوله‌ها در قالب سازماندهی منسجم عوامل تولید عنوان می‌شود. تأثیر تحقیق و توسعه بر عملکرد متغیرهای کلان، در الگوهای رشد درونزا مطرح شده است. بر خلاف نظریه سولو؛ در نظریه رشد درونزا، تکنولوژی تولید، درونزا در نظر گرفته می‌شود. در این نظریه عامل ایجاد تکنولوژی، تحقیق و توسعه است که به تولید دانش منجر می‌گردد و رشد درونزای اقتصاد و افزایش بازده مقیاس اقتصادی تولید را فراهم می‌کند. در ادبیات رشد اقتصادی، سرمایه‌گذاری در دانش انسانی موجب حرکت از سطوح پایین به سطوح بالای رشد با بهره‌وری بالاتر و بازدهی بیشتر می‌شود. به رغم مشکلاتی که در برآورد سرمایه‌گذاری در اختراعات و تحقیق و توسعه وجود دارد، مطالعات گسترده‌ای در این خصوص صورت گرفته است.

به طور معمول رشد فناوری، نیاز به نیروی کار را کاهش می‌دهد. اکنون این سؤال مطرح می‌شود که تحولات فنی و تکنیکی، چگونه روند ایجاد اشتغال در بخش صنعت را در کشورهای در حال توسعه متأثر می‌کند؟ به بیان دیگر، با توجه به افزایش بهره‌وری نیروی کار در نتیجه ارتقای دانش و سطح انباشت سرمایه انسانی و با عنایت به فناوریهای نوین که ساختار تولیدات را دانش بر می‌سازد، اشتغال صنعتی چگونه تحت تأثیر این تحولات قرار می‌گیرد. این موضوع را به گونه‌ای دیگر هم می‌توان برای اقتصاد ایران تبیین کرد و آن اینکه با توجه به ساختار حاکم بر نظام صنعتی، بخش صنعت ایران چگونه قادر است ترکیب تقاضای نیروی کار خود را متحول کند؟ آیا سرمایه انسانی و نوآوریهای فنی در ایران مکمل یکدیگرند یا خاصیت جانشینی دارند؟ هدف از انجام این پژوهش، پاسخگویی به سؤالات فوق می‌باشد. قسمت اول مطالعه، اختصاص به بررسی ادبیات موضوع تأثیر فناوری بر اشتغال نیروی کار دارد. تحقیقات تجربی، معرفی الگو، و تفسیر نتایج نیز در بخشهای بعدی ارائه می‌شود.

۱. چارچوب نظری

ارتباط بین فناوری و اثر آن بر نرخ رشد تولید و اشتغال، از بحثهای قدیمی در اقتصاد است. از سالهای ۱۹۵۶ تا پایان دهه ۱۹۸۰ آزمون تجربی الگوی سولو و طرح نظریه رشد درونزا توسط رومر (۱۹۸۶) و لوکاس (۱۹۸۸) از تحولات مهم در این عرصه است. برای کشورها مشخص شد که می‌توانند از طریق سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، میزان رشد نوآوری و فناوری را در عرصه‌های مختلف تولید گسترش دهند. چون انتظار می‌رود فناوری ترکیب و محتوای نیروی کار را در فرایند تولید تغییر داده و از طریق

اثرگذاری بر سطح مهارتها و دستمزد در ایجاد یا حذف فرصتهای شغلی نقش داشته باشد. فناوری جدید می‌تواند از طریق تغییر در فرایندهای تولیدی نیاز به نیروی کار را کاهش داده و بر اشتغال نیروی انسانی تأثیر بگذارد. فناوری به عنوان ابزار تولید بر سطح مهارت در سطوح بخش و بنگاه، دستمزد نیروی کار، ایجاد فرصتهای شغلی جدید، و تغییر ترکیب شاغلان مؤثر است.

تأثیر تحقیق و توسعه بر عملکرد اقتصاد کلان توسط پل رومر (P. Romer, 1986, 1990) گروسمن و هلپمن (Grossman and Helpman, 1991) با ارائه الگوهای رشد درونزا مطرح شده است. از نظر آنان، فعالیتهای تحقیق و توسعه به تولید دانش منجر می‌گردد و رشد درونزای اقتصاد را فراهم می‌کند. رومر و لوکاس فرض برونزا بودن تکنولوژی را در نظریه سنتی کلاسیکها نادیده می‌گیرند و استدلال می‌کنند که رشد تکنولوژی درونزاست و نرخ رشد فناوری و اثرگذاری آن بر رشد اقتصادی، در همه کشورها یکسان نیست.

مدلهای رشد فناوری را می‌توان به دو دسته کلی طبقه‌بندی کرد. مدل‌های آثار سرریز^۱ و مدل‌های تحقیق و توسعه (R&D) که توسط ارو (۱۹۶۲)، رومر (۱۹۸۶)، و لوکاس (۱۹۸۸) طرح شده‌اند. طبق این نظریه، فناوری در اقتصاد از طریق آثار جنبی^۲ و از تحقیقات بخش خصوصی و انباشت سرمایه انسانی به دست می‌آید. با توجه به اینکه تکنولوژی، محصول جنبی انباشت سرمایه انسانی است، این مدل‌ها تکنولوژی را در شرایط بازار رقابت ناقص و بر اساس انگیزه سودخواهی توسط بنگاهها طرح می‌کنند. در این مدل‌ها ارتباط بین نرخ رشد اقتصادی و رشد درونزا مورد تأکید قرار می‌گیرد و از متغیر تحقیق و توسعه به عنوان متغیر اثرگذار در نوآوری ایده‌ها به صورت مستقیم استفاده نمی‌شود (Ulku 2004).

در الگوهای مبتنی بر تحقیق و توسعه، اثر تحقیق و توسعه بر بهره‌وری کل عوامل تولید سنجیده می‌شود. در این الگوها میزان رشد اقتصادی تابعی از متغیر تحقیق و توسعه است. اقیون و هیوت (P. Aghion and P. Hiowt, 1992) در ادبیات رشد اقتصادی با تقسیم تولید اقتصاد به دو بخش تولید کالاهای نهایی و تحقیق و توسعه توجه و تمرکز کرده‌اند و پیشنهاد می‌کنند که از متغیر نسبت تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی در مدل‌های رشد مبتنی بر تحقیق و توسعه کمک گرفته شود. مطالعات مختلف بین‌المللی در سطح بنگاه و بخش نشان می‌دهند فناوری از طریق محصولات جدید، موجب ایجاد فرصتهای شغلی جدید در سطح بنگاه می‌گردد. اما این مطالعات در مورد تأثیر مثبت یا منفی فناوریهای پیشرفته در ایجاد فرصتهای شغلی نتایج قاطعی ارائه نمی‌دهند. مطالعات انجام یافته در سطح بخش، تأثیر فناوری اشتغال در برخی بخشها ولی نه در همه بخشها را تأیید می‌کنند. در مجموع، می‌توان ادعان داشت که فناوریهای جدید، اگر چه در زمان مورد نیاز، سطح مشخصی از تولید را کاهش می‌دهند، اما کیفیت برتر و بهره‌وری ناشی از تجهیزات جدید قدرت رقابت را در درون بنگاهها و در بعد ملی اقتصاد افزایش می‌دهند. بنابراین بنگاهها و صنعت باید تقاضای بیشتری را در سطح ملی پاسخگو باشند.

1 - spillovers effect

2- Externalities

این امر منجر به افزایش سهم یک بنگاه در بازار و گسترش مشاغل مربوط می‌شود. در عین حال، مازاد سرمایه‌ای که در نتیجه رقابت ایجاد می‌شود، منبعی مهم برای سرمایه‌گذاری در سایر بخشهای اقتصادی اعم از تجاری و تولیدی است و این موضوع می‌تواند فرصتهای جدید شغلی به وجود آورد.

۲. چارچوب نظری الگو

در زمینه تقاضا و تعیین سطح اشتغال در بازار کار، از منظرهای مختلف تقسیم‌بندیهای متفاوتی وجود دارد. از آن جمله می‌توان به مدل‌های تقاضای ایستا و پویا، مدل‌های تقاضای نیروی کار در شرایط رقابت کامل و ناقص، و مدل‌های تقاضا با فرض تعادل یا عدم تعادل در بازار کار اشاره کرد. اما به طور معمول تابع تقاضای نیروی کار، از روش حداکثرسازی سود یا حداقل‌سازی هزینه استخراج می‌گردد. تقاضای نیروی کار در مدل‌های فوق، تابعی از نرخ دستمزد، قیمت محصول، قیمت سرمایه، تکنیک تولید و قیمت نسبی سایر عوامل تولید است. تغییر در بهره‌وری عوامل تولید، نوآوری، سطح استخدام نیروی کار در دوره‌های گذشته، ظرفیت تولیدی و سوددهی بنگاهها از دیگر عوامل مؤثر بر تقاضای نیروی کار محسوب می‌شود. اگر تابع تولید به صورت $Y = F(L, K)$ (که در آن Y تولید، L و K به ترتیب عامل سرمایه و نیروی کار است) و P قیمت محصول باشد، از طریق حداکثرسازی سود بنگاه، با توجه به محدودیت هزینه، تقاضای عامل تولید کار، به صورت زیر به دست می‌آید $L = W(w, p, y)$ ، در تابع فوق، L تقاضای نیروی کار است که تابع دستمزد، قیمت محصول و سطح تولید است. در الگوی فوق می‌توان نیروی کار را بر حسب مهارت تقسیم‌بندی و الگوی تقاضای آن را ارائه داد. به همین شکل می‌توان تابع تقاضای سرمایه را استخراج کرد. تفکیک سرمایه بر حسب سرمایه فیزیکی و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، الگو تقاضای نیروی کار را کامل‌تر می‌کند.

تابع تولیدی که در اینجا معرفی می‌شود، از نوع تابع تولید نئوکلاسیک است. الگوی مدل حاضر بر اساس مطالعه چنلز و رینن (Chennells Lucy and Reenen, 1999) می‌باشد. در مطالعه آنها، سه عامل متغیر شامل نیروی کار ماهر، نیروی کار غیرماهر، مواد اولیه و دو عامل ثابت تولید شامل سرمایه فیزیکی، (k) و سرمایه فناوری در قالب هزینه تحقیق و توسعه (R) معرفی شده است. تابع هزینه برگرفته از تابع تولید در قالب تابع هزینه ترانسلوگ به شرح زیر می‌باشد.

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha + \sum_h \sum_{i=B, W, M} \alpha_{hi} D_h \ln w_i + \sum_{i=B, W, M} \sum_{j=B, W, M} \beta_{ij} \ln w_i w_j \\ & + \beta_q \ln q + \sum_{j=B, W, M} \beta_{jq} \ln w_j \ln q + \beta_K \ln K + \\ & \sum_{j=B, W, M} \beta_{ik} \ln w_i \ln K + \beta_R \ln R + \sum_{j=B, W, M} \beta_{iR} \ln w_i \ln R \end{aligned} \quad (1)$$

در این الگو متغیرها به صورت لگاریتمی می‌باشند. متغیر C نشان‌دهنده هزینه، $\ln K$ لگاریتم سرمایه فیزیکی، $\ln q$ لگاریتم تولید، $\ln R$ لگاریتم هزینه تحقیق و توسعه یا فناوری، β اندیس کارگران غیرماهر، w اندیس کارگران ماهر و M اندیس مواد اولیه و α پارامتر اثر قیمتی و D_h متغیر مجازی است. از آنجا که تابع هزینه، همگن از درجه یک بر حسب قیمت‌هاست، محدودیت‌های زیر وجود دارد:

$$\sum_{j=B,W,M} \beta_{ij} = \sum_{i=B,W,M} \beta_{ij} = \sum_{i=B,W,M} \sum_{j=B,W,M} \beta_{ij} = \sum_{i=B,W,M} \beta_{iR} = \sum_{i=B,W,M} \beta_{iK} \quad (۲)$$

اگر معادله (۱) با یکی از عوامل قیمتی همانند قیمت مواد اولیه W_m نرمال شود، در آن صورت یک تابع هزینه ترانسلوگ که در آن هزینه‌ها تابعی از قیمت‌های نسبی عوامل تولید، سرمایه فناوری و دیگر فعل و انفعالات (نسبت به قیمت مواد اولیه) است به دست می‌آید. از لم شفارد، سهم هزینه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_B = \alpha_B + \sum_{i=B,W} \beta_B \ln(w_i / w_m) + \beta_{Bq} \ln q + \beta_{BK} \ln K + \beta_{BR} \ln R \quad (۳)$$

$$S_w = \alpha_w + \sum_{i=B,W} \beta_w \ln(w_i / w_m) + \beta_{wq} \ln q + \beta_{wK} \ln K + \beta_{wR} \ln R$$

در توابع فوق، تأثیر فناوری بر اشتغال نیروی کار ماهر و غیرماهر تابع نسبت هزینه تحقیق و توسعه (R)، سرمایه فیزیکی (K)، تولید (q) و نسبت دستمزد کارگران ماهر به هزینه مواد اولیه (w_i / w_m) است. بسیاری از محققان از این نسبت به عنوان مفهوم فناوری استفاده کرده‌اند. در الگوی فوق تمامی متغیرها نسبتی از ارزش افزوده هستند. متغیر مجازی دستمزدها در این الگو به صورت نسبی در نظر گرفته می‌شود. برای لحاظ هموتیکی بودن تابع تولید می‌توانیم محدودیت زیر را اعمال کنیم.

$$\beta_{iq} = -(\beta_{iR} + \beta_{iK}), i = B, W$$

در این صورت معادله‌های سهم هزینه نیروی کار غیرماهر و ماهر به ترتیب به صورت زیر خواهد بود:

$$S_B = \alpha_B + \sum_{i=B,W} \beta_B \ln(w_i / w_m) + \beta_{BK} \ln(K / q) + \beta_{BR} \ln(R / q)$$

$$S_w = \alpha_w + \sum_{i=B,W} \beta_w \ln(w_i / w_m) + \beta_{wK} \ln(K / q) + \beta_{wR} \ln(R / q) \quad (۴)$$

در اثر تغییر فناوری اگر ضریب $\beta_{BR} > 0$ و $\beta_{wR} > 0$ باشد، فناوری مورد استفاده کاربر است. وقتی که $\beta_{BR} \leq 0$ و $\beta_{wR} > 0$ باشد فناوری مورد استفاده در فرایند تولید مهارت‌بر است. اگر توابع فوق را بر حسب ارزش افزوده در نظر بگیریم، توابع سهم هزینه‌ای عوامل به این صورت به دست می‌آیند:

نیروی کار ماهر:

$$S_w = \alpha_w + \beta_w \ln(w_w / w_B) + \beta_{wK} \ln(K / VA) + \beta_{wR} \ln(R / VA) \quad (۵)$$

بر اساس الگوی فوق، اشتغال نیروی کار ماهر و غیرماهر در قالب یک مدل هزینه نئوکلاسیکی، قیمت عوامل تولید را برونزا و در شرایط رقابتی در نظر می‌گیرد که مبتنی بر انگیزه سودآوری بنگاه‌هاست. برای برآورد الگو، به معادله اصلی (۵)، یک جزء خطای تصادفی u نیز اضافه می‌شود.

$$S_W = \alpha_W + \beta_W \ln(w_W / w_B) + \beta_{WK} \ln(K / VA) + \beta_{WR} \ln(R / VA) + u \quad (۶)$$

α_W اثر ثابت معادله‌ها را در الگو نشان می‌دهد. اثر ثابت می‌تواند ناشی از تفاوت‌های کیفی در متغیرهای مورد بررسی یا سایر عواملی باشد که بر متغیر وابسته اثر می‌گذارند، ولی به نوعی در الگو منظور نشده‌اند. علاوه بر این، الگوی فوق را می‌توان در قالب تغییرات نسبی متغیرهای فوق برآورد کرد.

$$\Delta S_W = \beta_W \Delta \ln(w_W / w_B) + \beta_{WK} \Delta \ln(K / VA) + \beta_{WR} \Delta \ln(R / VA) + t + e \quad (۷)$$

در الگوی فوق، t متغیر زمان و e جمله خطاست. در طراحی چارچوب مدل، تلاش شده تا مخارج تحقیق و توسعه به عنوان متغیر جانشین فناوری در الگو در نظر گرفته شود. علاوه بر این در سایر مطالعات، متغیرهایی نظیر بهره‌وری عوامل تولید نیز به عنوان متغیر جانشین تکنولوژی در الگوهای برآورد شده منظور شده‌اند. از سوی دیگر، می‌توان بر اساس الگوی فوق، مکمل یا جانشین بودن سرمایه فیزیکی را با نیروی کار مورد آزمون قرار داد. با توجه به اینکه سهم دستمزد پرداختی نیروی کار ماهر و غیرماهر در آمار کارگاه‌های بزرگ صنعتی وجود ندارد، از نسبت سهم اشتغال نیروی کار ماهر و غیرماهر در کل شاغلان هر صنعت استفاده شده است. شکل معادله نهایی به شکل زیر می‌باشد:

$$\ln \left(\frac{lex}{L} \right) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln \left(\frac{w}{va} \right) + \alpha_2 \ln \left(\frac{k}{va} \right) + \alpha_3 \ln \left(\frac{R \& D}{va} \right) + \alpha_4 \ln(apl) + u_i \quad (۸)$$

در معادله فوق، w دستمزد واقعی، k سرمایه فیزیکی، $R\&D$ هزینه تحقیق و توسعه، apl بهره‌وری نیروی کار، و va ارزش افزوده هر بخش می‌باشد. از آنجا که رشد ابداع و اختراع در کشورهای درحال توسعه اندک است، نسبت هزینه تحقیق و توسعه متغیر مجازی برای فناوری محسوب می‌شود (Ulku 2004). لذا در این مطالعه متغیر جریانی و انباشتی پژوهش و توسعه یکسان منظور شده است. ذکر این نکته لازم است که محاسبه انباشت متغیر ($R\&D$) حتی در کشورهای توسعه‌یافته نیز دشوار است. علاوه بر این، در این مقاله از اطلاعات کدهای چهاررقمی تمامی صنایع استفاده شده است. لذا احتمال خطای آنها اندک است. متغیرهای الگو لگاریتمی است و ضرایب آنها کشش اشتغال نسبت متغیرها را نشان می‌دهد. Lex شاغلان ماهر، l شاغلان کل بخش و $lnex$ شاغلان غیرماهر را معرفی می‌کند. در این الگو، به علت نبود آمار دستمزد نیروی کار ماهر و غیرماهر به صورت جداگانه از تعداد شاغلان نیروی کار ماهر به جای سهم دستمزد آنها استفاده شده است. این تعمیم در مورد نیروی کار غیرماهر نیز صحیح است.

با توجه به اینکه افزایش دستمزدها به صورت دستوری و یکسان تعیین می‌شود و نه توسط بازار و بر اساس بهره‌وری نیروی کار، لذا از نسبت دستمزدها به ارزش افزوده در الگو منظور شده است. منظور از نیروی کار ماهر شاغلان دارای تحصیلات عالی و نیروی کار غیرماهر شاغلان با تحصیلات کمتر از دیپلم می‌باشد. u_i جزء اخلاص مدل است.

۳. تحقیقات تجربی

مطالعات متعددی اثر فناوری بر اشتغال نیروی کار را بررسی نموده‌اند. در پژوهش‌های موریس و روزنبلیم (Morrison, B and Rosenblm, 1992) و نیکل و کونگ (Nickell and kong, 1987) با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی، اشتغال و تولید را بر متغیر سرمایه به تولید و دو متغیر شدت سرمایه‌بری تولید شامل استفاده از ابزارآلات و فناوری سطح بالا، آزمون وبه رابطه مثبت و معنی‌داری بین اشتغال و استفاده از فناوری سطح بالا دریافته‌اند. در سطح بخشی، نیکل و کونگ به صورت همزمان اثر قیمت، تولید، دستمزد و تقاضا را بر اساس داده‌های ۵۵ صنعت کارخانه‌ای به صورت داده‌های تابلویی^۱ در دوره ۸۵-۱۹۷۴ در انگلیس برآورد کرده‌اند. فناوری در این مطالعه با استفاده از روش باقیمانده^۲ محاسبه شده است. در روش باقیمانده، عوامل اثرگذار بر تولید در قالب عوامل مشخص شده^۳ تعیین می‌شود. عوامل باقیمانده، عوامل ناشناخته‌ای هستند که به صورت مشخص و قطعی نمی‌توان در مورد آنها اظهارنظر کرد. متغیرهای کنترل مدل، شامل انواع مختلف سرمایه، متوسط دستمزد و متغیرهای دیگر هستند، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در هفت تا نه بخش از اقتصاد رابطه مشخصی بین تغییرات فنی و کار افراد وجود دارد. بر خلاف تحقیقات محدود بخشی، طیف گسترده‌ای از مطالعات در سطح بنگاه صورت گرفته است. در این زمینه میل‌وارد و اسوالد (Millward and Oswald, 1991) در اقتصاد انگلستان و به صورت مقطعی در ۹۴۸ بنگاه و با استفاده از متغیر جانشین فناوریهای جدید در سطح میکروالکترونیک در سه سال قبل در بنگاه و متغیرهای کنترل شامل عمر فناوری، هزینه واحد، تقاضا و مالکیت بنگاهها دریافته‌اند که در بنگاههای انگلستان گسترش فناوری بر رشد اشتغال تأثیر معنی‌دار و مثبت داشته است. کلاینت و پتیفر (kleinknecht and pteiffer, 1998) در ارزیابی این موضوع تأثیر فناوری را بر اشتغال با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی و معادلات تقاضا به صورت مجزا در کشورهای مختلف برآورد کرده‌اند. این مطالعه، در کشورهای مختلف اروپایی بر اساس داده‌های بنگاههای صنعتی در سال ۱۹۹۲ در آلمان با ۱۹۲۱ بنگاه، دانمارک با ۵۲۸ بنگاه، فرانسه با ۳۶۰۰ بنگاه، نروژ با ۷۴۳ بنگاه، اسپانیا با ۱۹۹۸ بنگاه، لوکزامبورگ با ۲۴۱ بنگاه، بلژیک با ۵۵۷ بنگاه، و ایتالیا با ۱۶۳۷۴ بنگاه انجام شده است. با استفاده از هزینه تحقیق و توسعه (R&D) در فرایند تولید و متغیرهای کنترل شامل فروش، مجذور فروش، هزینه نیروی کار (در سطح رشته فعالیت) و شاخصهای کیفی نوآوری نشان داده‌اند

که شاخصهای نوآوری بر اشتغال بنگاهها در کلبه کشورها بجز ایتالیا بی‌معنی هستند (البته بیشتر در بنگاههای کوچک) و همبستگی مثبت بین هزینه تحقیق و توسعه با افزایش اشتغال وجود دارد که ناشی از اثر ثابت فناوری بر اشتغال می‌باشد. اثر ثابت، اثری است که عامل کار و سرمایه را همزمان تحت تأثیر قرار می‌دهد.

بلچینگل و دیگران (Blechingel et al, 1998) در مطالعه خود، افزایش اشتغال در سالهای ۱۹۸۸ - ۱۹۹۲ را فرمول‌بندی و برای هر یک از بنگاههای صنعتی و خدماتی کارخانه‌ای تخمین مجزایی ارائه کرده‌اند. داده‌های این مطالعه از ۷۷۲ صنعت کارخانه‌ای و ۸۳۶ بنگاه خدماتی در کشور هلند اخذ شده است. متغیر جانشین فناوری، سرانه هزینه تحقیق و توسعه می‌باشد. متغیر کنترل در این مطالعه اندازه بنگاه است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد هزینه تحقیق و توسعه تأثیر مثبتی بر فرایندهای فناوری سطح بالا در عرصه تولید و خودکار شدن تولید در بنگاههای مورد نظر دارد.

بلانچ فلور و برگس (Blanchflower and Burgess, 1999) در مطالعه‌ای، افزایش اشتغال را در انگلستان در سطح ۸۳۱ کارخانه در سال ۱۹۹۰ و در استرالیا در ۸۸۸ کارخانه در سال ۱۹۹۲ برآورد کرده‌اند. در مطالعه آنان متغیر جانشین فناوری، هر نوع فناوری جدید میکروالکترونیکی در سه سال قبل می‌باشد. متغیرهای کنترل مطالعه اشتغال با چهار سال وقفه بنگاهها، عملکرد مالی و مالکیت کارخانه‌ها می‌باشد. بر اساس نتایج این مطالعه، فناوری تأثیر مثبت و معنی‌داری بر افزایش اشتغال انگلستان داشته است. اما در اقتصاد استرالیا تأثیر فناوری مثبت، معنی‌دار، ولی ضعیف بوده است.

برور، کلاین نکت و رجنین (Brouwer kleinknecht and Reijnen, 1993) در دوره زمانی سالهای ۱۹۸۳-۱۹۸۸ در قالب یک تابع رشد اشتغال، تأثیر فناوری را برآورد کرده‌اند. داده‌های آماری این مطالعه از صنایع کارخانه‌ای آلمان تأمین شده است. متغیر معرف فناوری، شدت هزینه تحقیق و توسعه و نوع هزینه تحقیق و توسعه می‌باشد. متغیرهای کنترل شامل اندازه بنگاه، تغییر در فروش، فروش با وقفه و متغیر مجازی می‌باشند. با احتساب شدت هزینه تحقیق و توسعه و انواع آن به عنوان شاخص معرف فناوری، یافته‌های مطالعه نشان می‌دهد شدت هزینه تحقیق و توسعه تأثیری بر سطح اشتغال بنگاه ندارد و رشد شدت آن نیز اثر منفی ولی معنی‌دار را بر رشد اشتغال دارد.

دامز، دان و روبرت (Domes, Dunne and Roberts, 1994) در قالب یک رگرسیون، رشد اشتغال را در صنایع کارخانه‌ای آمریکا در دوره ۹۱-۱۹۸۷ انجام داده‌اند. در این مطالعه از متغیرهای مجازی صفر و یک در تعدادی از صنایع دارای فناوری پیشرفته، به عنوان متغیر معرف فناوری استفاده شده است. متغیرهای کنترل الگو شامل عمر ماشین‌آلات، سرمایه فیزیکی، اندازه صنایع و بهره‌وری صنایع کارخانه‌ای می‌باشند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که فناوری تأثیر مثبت بر رشد اشتغال صنایع آمریکا دارد. انتروف، گولاک و کرامرز (Entorf, Gollac and kramarz, 1999) در مطالعه‌ای با استفاده از یک مدل لوجیت چندجمله‌ای به تحلیل اثر فناوری بر اشتغال بنگاههای فرانسوی پرداخته‌اند. در این مطالعه، شاخص معرف فناوری شامل روبات، ویدئو، فکس و غیره می‌باشد. در این مطالعه از دو الگو

استفاده شده که در یکی از آنها متغیرهای کنترل شامل جنسیت نیروی کار، آموزش، منطقه، شاخصهای اشتغال پاره وقت، نوع حرفه، تعداد و وضعیت شاغلان، هزینه و عمر بنگاه می‌باشد و در الگوی دیگر هزینه، عمر بنگاه، شاخصهای پاره وقت و نرخ بازنشستگی در نظر گرفته شده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد تأثیر فناوری، در قالب استفاده از کامپیوتر توسط کارگران، در فرایند تولید موجب افزایش بیکاری در کوتاه مدت می‌شود، اما این نتیجه در بلندمدت تأیید نمی‌شود. به بیان دیگر، در بلندمدت استفاده از تکنولوژیهای مدرن در فرایند تولید بر بیکاری تأثیر منفی به جا نمی‌گذارد. زیرا اثرات زنجیره‌ای فناوری بر تولید و سرمایه‌گذاری وسیع است و در بلند مدت مشاغل مکملی در نتیجه استفاده از فناوریهای جدید ایجاد می‌شود. برای مثال، خدمات تعمیرات و خدمات پس از فروش از جمله فعالیت‌هایی است که می‌تواند مشاغل جدید ایجاد کند.

گرین و گولاک (Greenan and Guellec, 1997) در بنگاههای فرانسوی در دوره زمانی ۱۹۸۵-۱۹۹۱ با استفاده از سه سیستم معادله همزمان در قالب ارزش افزوده، نیروی کار و موجودی سرمایه به عنوان متغیر درونزا معادله رشد اشتغال را تخمین زده‌اند. روش کار آنان استفاده از الگوهای تابلویی^۱ با استفاده از آمار ۵۹۱۹ بنگاه می‌باشد. در این مطالعه شدت فرایند نوآوری در تولید در سال ۱۹۹۱، به عنوان شاخص فناوری معرفی شده است. متغیرهای کنترل شامل هزینه نیروی کار و سرمایه، اندازه بنگاه و نوع فعالیت آن می‌باشد. مطالعه مزبور نشان می‌دهد در بنگاههای دارای فرایند فناوری پیشرفته، مشاغل جدید بیشتری ایجاد می‌شود و تولید و محصولات جدید نیز شغل‌های بیشتری را در سطح بخش به وجود می‌آورند. فرایندهای فناوری جدید، مشاغل زیادتری را در سطح بنگاه ایجاد می‌کنند ولی در سطح بخش میزان ایجاد فرصت شغلی جدید از نظر فرایندهای جدید صفر می‌باشد.

کلت و فور (Klette and Forre, 1998) در سطح بنگاه و از روش حداقل مربعات معمولی، در تخمین ایجاد فرصت شغلی بر اساس سهم اشتغال، مطالعه‌ای را انجام داده‌اند. این مطالعه با استفاده از آمار و اطلاعات بیش از ۴۰۰۰ بنگاه نروژی در دوره ۱۹۸۲-۱۹۹۲ انجام یافته است. شاخص فناوری این مطالعه، شدت هزینه تحقیق و توسعه در فرایند تولید می‌باشد. شاخصهای کنترل نیز شامل متغیر مجازی زمان، اندازه بنگاه و رقابت خارجی می‌باشند. نتایج این مطالعه، حاکی از آن است که در بنگاههای با هزینه تحقیق و توسعه بالاتر، ایجاد فرصتهای شغلی آهسته‌تر است و بنگاههایی که هزینه تحقیق و توسعه کمتری دارند، فرصتهای شغلی بالاتری ایجاد می‌کنند.

لو و استینر (Leo and Steiner, 1994) بر اساس نمونه‌گیری پیمایشی^۲ دریافتند که تأثیر فناوری بر اشتغال، در مواردی که تولید محصولات جدید در دوره‌های گذشته وجود داشته، مثبت بوده ولی فناوری تأثیر مثبتی بر اشتغال در فرایندهای نوآور نداشته است. به عبارت دیگر، فرایندهای نوآور فناوری، فرایندهای اشتغال‌زایی نیستند و این فرایندها عمدتاً کاراندوز می‌باشند. فرایندهای جدید تولید از فناوریهای پیشرفته و جدید بهره می‌جویند، اما تولید محصولات نو تقاضای بالاتر و نیروی کار جدید

بیشتری را می‌طلبد و به واسطه گسترش بازار جدید و محصولات نو و ضرورت ارائه خدمات بیشتر، مشاغل خدماتی و تکمیلی بیشتری نیاز دارند.

اسمولنی (Smolny, 1998) تغییرات اشتغال از داده‌های ۲۴۰۵ بنگاه در آلمان غربی را در دوره ۱۹۸۰-۱۹۹۲ با ۱۵۹۹۲ مشاهده به روش داده‌های تابلویی الگوسازی کرده است. متغیر معرف فناوری در این الگو متغیرهای با وقفه و متغیرهای مجازی صنایع کارخانه‌ای می‌باشد. متغیرهای کنترل این مطالعه سرمایه، نسبت سرمایه‌گذاری سرانه، متغیر مجازی اندازه بنگاه و مجازی زمان می‌باشند. در این مطالعه، در بنگاه‌های صنعتی آلمان، برای محصولات جدیدی که در نتیجه پیشرفت فنی حاصل می‌شوند فناوری بر اشتغال تأثیر مثبت و معنی‌دار دارد، اما در سطح بخش‌های نوآور تأثیر منفی و معنی‌دار دارد. از دیدگاه اسمولنی، در سطح بخش، مشاغل ایجاد شده با مشاغل حذف شده برابر است و لذا اشتغال ایجاد نمی‌شود.

ون رن (Van Reenen, 1997) رشد پویای اشتغال را با روش حداقل مربعات معمولی و روش میانگین هندسی برآورد کرده است. در مطالعه وی، از داده‌های آماری ۵۹۸ کارخانه انگلیسی در دوره ۱۹۷۶-۱۹۸۲ استفاده شده و متغیر نشان‌دهنده فناوری، نوآوری‌های اصلی و عمده بنگاه و بخش مثل مهارت و حق امتیاز اخذ شده از آمریکا در سطح بنگاه می‌باشد. متغیرهای کنترل این مطالعه شامل سطح اشتغال با تأخیر زمانی، دستمزد، سرمایه بخش نوآور، متغیر مجازی زمان، و متغیر مجازی بلندمدت برخورداری از حق امتیاز و نوآوری می‌باشند. در این مطالعه رن نتیجه گرفته است که نوآوری تأثیر زیادی بر ایجاد فرصت‌های شغلی دارد و تأثیر حق امتیاز زیاد نمی‌باشد. به بیان دیگر، اگر فناوری منجر به عرضه محصول جدید یا پیدایش بازار جدیدی شود در ایجاد فرصت‌های شغلی جدید مؤثر است. در زمینه تأثیر فناوری بر اشتغال ایران نیز چندین مطالعه صورت گرفته که به طور عمده در سطح بخش متمرکز می‌باشند، وحیدی (۱۳۷۹) در مطالعه خود به بررسی چگونگی تأثیر علم و فناوری بر سطح اشتغال بخش صنعت پرداخته و بدین منظور از شاخص‌های مختلف علم و فن آوری در صنعت، توابع رگرسیونی و داده‌های آماری دوره ۱۳۵۰-۱۳۷۵ استفاده کرده است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که با ارتقای سطح علم و فناوری، سطح کل اشتغال در بخش صنعت افزایش می‌یابد و ارتباط همسویی بین سطح علم و فناوری و اشتغال متخصصان وجود دارد. این محقق در سال ۱۳۷۹ نیز در مقاله دیگری، تأثیر علم و فناوری را بر نرخ رشد دستمزد واقعی در صنعت ایران مطالعه و دریافت ارتقای سطح علم و فناوری در کشور، همراه با افزایش متوسط مزد واقعی بوده است. به عبارت دیگر، علم و فناوری، از طریق دستمزد واقعی، بر عرضه و تقاضای نیروی کار در بازار کار تأثیر می‌گذارد.

امینی (۱۳۸۰) در مطالعه‌ای در دوره ۱۳۳۸-۱۳۷۵، به بررسی فرضیه مکمل و جانشین بودن نیروی کار و سرمایه می‌پردازد. وی نتیجه می‌گیرد که نیروی کار ماهر و سرمایه در تمامی بخش‌های اقتصاد ایران مکمل یکدیگرند. نیروی کار ماهر و غیرماهر در بخش‌های تولیدی، یعنی کشاورزی و صنعت، جانشین یکدیگر و در بخش‌های خدماتی مکمل یکدیگر بودند.

هاشمی (۱۳۸۱) قدرت صنایع کوچک در ایجاد اشتغال را با استفاده از داده‌های آماری دوره ۱۳۵۵-۱۳۷۲ مورد تحلیل و بررسی قرار داده است. وی نتیجه گرفته که سهم نیروی کار در تولید کمتر از سهم موجودی سرمایه است و باعث می‌شود پیشرفت فناوری در صنایع کوچک ایران سرمایه‌بر تلقی شود. عیسی‌زاده (۱۳۷۷) تقاضای نیروی کار را در بخشهای عمده اقتصاد ایران بررسی کرده و نشان داده در کلیه زیربخشهای اقتصاد، نرخ رشد تولید، انباشت سرمایه و تکنیک تولید، تأثیری مثبت بر تقاضای اشتغال در بازار کار ایران داشته است. نکته حائز اهمیت در این مطالعه تأثیر فناوری تولید است که اثری مثبت بر اشتغال در اقتصاد ایران به جا گذاشته است. در ایران، مطالعات در زمینه فناوری و اشتغال در سطح بخش و ملی انجام شده‌اند و مطالعات بنگاهی وجود ندارد. نتایج مطالعات داخلی نشان می‌دهد که بین اشتغال نیروی کار ماهر و متخصص و فناوری، رابطه مثبت وجود دارد و با پیشرفت فناوری، اشتغال نیروی کار متخصص افزایش می‌یابد.

۴. روش برآورد و پایه‌های آماری

مسائل اقتصادی دارای ساختار پیچیده چند بعدی هستند و ماهیت آنها در طول زمان، در حال تغییر است. اینکه این الگوها چقدر قادر به درک واقعیتها باشند، بستگی به محدودیتهای الگوسازی و روشهای برآورد آنها دارد. هم‌اکنون، با انقلاب تکنولوژی اطلاعات و وجود ماشینهای پردازش‌گر قوی و نرم‌افزارهای پیشرفته کامپیوتری مشکلات محاسباتی به نحو چشمگیری کاهش یافته است. این تحول موجب شده تا الگوسازی از داده‌های کل شده^۱ با روشهای معمول اقتصادسنجی به الگوهای چندسطحی^۲ که قابلیت درک شواهد از طریق بهبود مدل‌سازی را برای محققان فراهم می‌کند. بنابراین در این مطالعه از الگوسازی چندسطحی استفاده شده است. برآورد مدل‌های چندسطحی، معمولاً به داده‌های زیادی نیاز دارند که باید در سطح بنگاهها مورد آزمون قرار گیرد (ضمیمه الف).

در این روش الگوسازی، ساختارهای پیچیده و سلسله مراتبی پدیده‌ها در الگوهای مورد تخمین، منظور می‌شود. انجام این مهم، باعث می‌شود که اولاً، ناهمسانی و پیچیدگیهای واقعی بین گروهها و عاملان مختلف، مورد توجه قرار گیرد. ثانیاً، تأثیرات متقابل بین گروهی و اجزای آن مورد مطالعه قرار گیرد و ثالثاً محقق دچار انحراف در استنباط آماری نگردد. مجموعه این مزایا باعث می‌شود که واقعیت یا پدیده تحت مطالعه، با دقت و عمق بیشتری مورد کاوش و بررسی قرار گیرد.

الگوسازی چندسطحی از طریق متغیر در نظر گرفتن ضرایب روابط و معادله‌های موردنظر، ساختارهای پیچیده دنیای واقعی را در کمیت‌های برآوردی منظور می‌کند. البته الگوسازی با متغیر بودن ضرایب، به نیم قرن قبل برمی‌گردد، ولی در الگوسازی چند سطحی تفاوت‌های اساسی با الگوهای قبلی مشاهده می‌شود.

استفاده از الگوهای چندسطحی، ابزار مناسبی در تحلیل تفاوت‌های مورد اشاره این روش الگوسازی با الگوسازیهای مرسوم اقتصادسنجی است. در روشهای یک سطحی تخمینهای حداقل مربعات معمولی، تفاوت ساختاری و مرزبندیهایی که در دنیای واقعی بین گروههای صنعتی وجود دارد، نادیده گرفته می‌شود و همه مشاهدات به صورت یک گروه ادغام شده مدنظر قرار می‌گیرند و تخمینهای مورد نظر، فارغ از تفاوت بین گروههای صنعتی مختلف می‌باشند. این شیوه تخمین و برآزش تنها زمانی از نظر آماری درست است که صنایع تحت بررسی همگن و یکسان باشند. اما این شرایط در بررسی پدیده‌ها و مطالعات علوم اجتماعی به ندرت دیده می‌شود. این موضوع در صنایع مختلف نیز قابل مشاهده است. زیرا بنگاههای موجود در بخش صنعت از نظر مقیاس تولید، ترکیب شاغلان، نوع تکنولوژی، و ماهیت فعالیت متفاوت بوده و یکسان انگاشتن آنها در بررسی پدیده‌های اقتصادی، نتایج قابل اتکایی را ارائه نمی‌دهد. بنابراین اثر یک متغیر بر متغیر دیگر در تخمین الگو، درست برآورد نمی‌شود و محقق را از لحاظ آماری دچار استنباط نادرست خواهد کرد. اما چنانچه تفاوت‌های ساختاری در تحلیل داده‌ها لحاظ شود، ناهمگنی در رفتار متغیرها و میزان اثرگذاری آنها در برآوردها منظور شده و این مشکل دیگر وجود نخواهد داشت. با توجه به مطالب مذکور، در این پژوهش، از الگوسازی سطحی استفاده شده است. برای این منظور، از داده‌های آماری کارگاههای صنعتی بالای ده نفر کارکن مرکز آمار ایران برای دوره ۱۳۷۴-۱۳۷۹ در قالب کدهای ISIC چهار رقمی استفاده شده (بالغ بر هشت هزار داده) و سپس داده‌های مزبور با استفاده از شاخصهای قیمت تولیدکننده بانک مرکزی به قیمت ثابت ۱۳۷۶ تعدیل شده‌اند. کلیه داده‌های مذکور در نرم‌افزار Excel مورد پردازش قرار گرفته و برای برآورد الگوها به نرم‌افزار Lisrel انتقال داده شده‌اند.^۱ اطلاعات هزینه پژوهش و توسعه از آمار کارگاههای صنعتی ۵۰ نفر کارکن و بیشتر از ستون هزینه تحقیقات در سالهای مختلف اخذ شده است.

سپس در قالب دو سطح (سطح اول زمان و سطح دوم صنایع کارخانه‌ای براساس کدهای ISIC چهار رقمی)، الگوی مورد نظر ساخته شده است. ابتدا الگوها در قالب کل صنایع در دو سطح تقاضای نیروی کار ماهر و غیرماهر برآورد شده و سپس مدل‌های مذکور در قالب صنایع نه گانه (به غیر از صنایع متفرقه) به طور مجزا تخمین زده شده‌اند.

۵. یافته‌ها و تفسیر مدل

۵-۱. کل صنعت

تأثیر فناوری در قالب هزینه تحقیق و توسعه بر اشتغال نیروی کار ماهر و غیرماهر، با تخمین معادله (۸) به طور جداگانه برآورد شده است. در کل صنعت با فرض ثابت‌بودن سایر عوامل، افزایش نسبت سرمایه

۱- داده‌های سرمایه فیزیکی در قالب نه صنعت از طرح آمینی، علیرضا (۱۳۷۹) اخذ شده است و سپس با استفاده از الگوی شتاب کلارک و فرض نسبت ثابت سرمایه به تولید در زیرگروههای هر صنعت، میزان سرمایه هر کد چهار رقمی صنعتی توسط محققین محاسبه شده است.

به ارزش افزوده موجب کاهش سهم اشتغال نیروی کار غیرماهر می‌شود. افزایش نسبت سرمایه به ارزش افزوده نیز به معنی سرمایه‌بردن تکنولوژی تولید است که این نتیجه را به دنبال دارد که با سرمایه‌بردن تکنیک تولید سهم نیروی کار غیرماهر کاهش می‌یابد. چون سرمایه‌گذاریهای فیزیکی با انباشت فناوریهای جدید همراه است، انتظار می‌رود که در فرایند تولید محصولات جدید از نیروی کار ماهر استفاده گردد. تأثیر متغیر بهره‌وری بر تقاضای نیروی کار غیرماهر منفی است. با فرض ثبات سایر متغیرهای مدل، چنانچه بهره‌وری نیروی کار در نتیجه بهبود فناوری افزایش یابد، در آن صورت میزان تقاضای نیروی کار غیرماهر کاهش می‌یابد. این ضریب $-0/113$ و معنی‌دار می‌باشد. لازم به ذکر است که بهره‌وری نیروی کار موجب افزایش بهره‌وری کل عوامل تولید می‌شود و در بیشتر مطالعات از بهره‌وری نیروی کار به عنوان جانشین فناوری استفاده می‌شود، لذا از این متغیر به جای بهره‌وری کل عوامل تولید (*TFP*) استفاده شده است. ضریب این متغیر در کل صنایع ایران در دوره زمانی مطالعه، نشان می‌دهد که سرمایه فیزیکی و نیروی کار غیرماهر جانشین یکدیگر می‌باشند. این بدان معناست که در برنامه‌های توسعه صنعتی، به موازات نرخ رشد سرمایه‌گذاری و سرمایه‌بردن تکنیک تولید، سالانه حدود $1/6$ درصد از تقاضا برای نیروی کار غیرماهر کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، رشد بهره‌وری نیروی کار در اثر بهبود فناوری و پیشرفت فنی، سالانه $0/113$ درصد تقاضای نیروی کار غیرماهر را کاهش می‌دهد. به بیان دیگر؛ با فرض ثابت بودن سایر عوامل به ازای یک درصد افزایش در بهره‌وری نیروی کار در کل صنایع، نسبت تقاضای نیروی کار غیرماهر به کل شاغلان حدود $0/113$ درصد کاهش می‌یابد.

بر اساس برآورد مدل، ارتباط بین لگاریتم نسبت اشتغال نیروی کار ماهر به کل شاغلان، نسبت هزینه‌های تحقیق و توسعه به ارزش افزوده، نسبت لگاریتم سرمایه فیزیکی به ارزش افزوده و بهره‌وری نیروی کار مثبت است. چنانچه بهره‌وری نیروی کار در اثر ارتقای فناوری افزایش یابد، این افزایش تأثیری مثبت بر اشتغال نیروی کار ماهر دارد. به بیان دیگر، کشش نسبت نیروی کار ماهر نسبت به عامل بهره‌وری مثبت است و با افزایش بهره‌وری می‌توان انتظار داشت نسبت تقاضا برای نیروی کار ماهر به کل شاغلان افزایش یابد. این ضریب در کل صنایع کارخانه‌ای ایران، $0/26$ می‌باشد و با فرض ثبات سایر متغیرها، یک درصد افزایش در آن، لگاریتم نسبت شاغلان ماهر به کل شاغلان بخش صنعت را $0/26$ درصد افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، تأثیر هزینه تحقیق و توسعه بر نسبت تقاضای نیروی کار ماهر مثبت و $0/15$ می‌باشد. این ضریب کشش اشتغال نسبت نیروی کار ماهر به کل شاغلان را نسبت به هزینه تحقیق و توسعه در بخش صنعتی ایران نشان می‌دهد. با فرض ثابت بودن سایر شرایط، چنانچه نسبت هزینه تحقیق و توسعه به ارزش افزوده بنگاهها در نظام صنعتی ایران یک درصد افزایش یابد نسبت تقاضای نیروی کار ماهر به کل شاغلان، افزایش می‌یابد. از این نظر، هزینه تحقیق و توسعه، مکمل تقاضا برای نیروی کار ماهر است. به عبارت دیگر، با افزایش هزینه تحقیق و توسعه که منجر به تغییر فناوری و به‌کارگیری فناوری در بخش صنعت می‌شود تقاضا برای نیروی کار ماهر را در کل صنعت افزایش می‌دهد. با توجه به حجم

جدول ۱- تأثیر فناوری بر اشتغال نیروی کار غیرماهر در کل صنایع کارخانه‌ای

متغیرهای مستقل					متغیر وابسته
APL	RD/Va	K/Va	W/Va	CNT	
-	۰/۰۰۲۵ ۰/۲۵۷	-	۰/۰۷۲ ۱/۹۹	-۱/۰۵ ۱۳/۵	Lex/L آماره t
-	-۰/۰۰۰۶ ۰/۰۵۸	-۰/۰۱۸۵ -۲/۲	۰/۰۷۴ ۲/۰۵	-۱/۰۲۲ -۱۲/۹	Lex/L آماره t
-۰/۱۲۶ -۳/۴۴	-	-۰/۰۱۶۳ -۲	-۰/۰۰۰۵ -۰/۰۱۲	-۰/۶۸۹ -۶/۲	Lex/L آماره t*
-۰/۱۲۶ -۴/۰۳	-	۰/۰۱۶۳ -۲	-	۰/۶۸ -۶/۲۵	Lex/L آماره t

* در این مدل، Lex/L لگاریتم شاغلان غیرماهر به کل شاغلان، W دستمزد واقعی، Va ارزش افزوده، K سرمایه فیزیکی، R&D هزینه تحقیق و توسعه، و CNT جزء ثابت مدل است.
مأخذ: برآوردهای نویسندگان

جدول ۲- تأثیر فناوری بر اشتغال نیروی کار ماهر در کل صنایع کارخانه‌ای ایران

متغیرهای مستقل					متغیر وابسته
APL	RD/Va	K/Va	W/Va	CNT	
۰/۲۶۲ ۶/۷	۰/۰۱۳۷ ۱/۴	-۰/۰۱۳ -۱/۱	۰/۹۶۷ ۲/۳	-۳/۰۰۴ -۲۰/۹	Lex/L آماره t
۰/۲۱۹ ۶/۴۵۹	۰/۰۱۶۵ ۱/۶۷	-	-	-۲/۹۸ -۲۱/۱	Lex/L آماره t
۰/۲۶ ۶/۷	۰/۰۱۵ ۱/۵۲	-	۰/۰۹۴۷ ۲/۲۴	-۳/۰۲ -۲۱/۲	Lex/L آماره t*
-	-	-	-	-۲/۳۵ -۳۴/۲	Lex/L آماره t
۰/۲۱۴ ۶/۳	-	-	-	-۳/۱۵ ۲۵/۵	Lex/L آماره t
-	۰/۰۱۱۱ ۱/۱۰	-	-	-۲/۳۷ -۲۸/۹	Lex/L آماره t
-	-	-	-۰/۳۴ -۰/۹۲	-۲/۴۸ -۳۶/۰	Lex/L آماره t

* مدل انتخابی

مأخذ: برآوردهای نویسندگان

بالای داده‌ها در برآورد فوق، این نتیجه از نظر سیاستگذاری حائز اهمیت است و نشان می‌دهد بهبود فناوری، جذب نیروی کار ماهر را افزایش می‌دهد. این متغیرها از نظر آماری نیز معنی‌دار هستند. تأثیر ضریب دستمزد به عنوان متغیر اصلی تقاضا در این برآورد، با علامت نظری آن همخوانی ندارد و این ضریب ۰/۰۹ مثبت است. در حالی که علی‌الاصول واکنش تقاضای نیروی کار در قبال دستمزدهای واقعی منفی است. بنابراین، می‌توان گفت که در بخش صنعت تقاضا برای نیروی کار ماهر به عواملی نظیر بهره‌وری حساسیت بیشتری دارد و نسبت به متغیرهایی نظیر دستمزد حساسیت کمتری از خود نشان می‌دهد. به بیان دیگر، برای یک کارفرمای اقتصادی، مولد بودن و بازدهی نیروی کار شاغل، اهمیت بیشتری نسبت به دستمزد آن عامل دارد.

۲-۵. صنایع مختلف

قسمت بعدی تحقیق، مربوط به تأثیر فناوری بر اشتغال گروه‌های نه گانه صنایع (به جز صنایع متفرقه) می‌باشد. تأثیر فناوری در قالب متغیرهای تحقیق و توسعه ($R\&D$)، و بهره‌وری نیروی کار (apl)، برآورد شده است.

بر اساس برآورد الگو در صنایع غذایی، نوشیدنیها و دخانیات متغیر بهره‌وری با ضریب ۰/۳۶ تأثیر معنی‌داری بر تقاضای نیروی کار ماهر دارد. بنابراین، با فرض ثبات سایر شرایط، یک درصد افزایش در بهره‌وری نیروی کار در اثر تغییر فناوری یا بهبود سازماندهی تولید، ۰/۳۶ درصد تقاضا برای نیروی کار ماهر را افزایش می‌دهد. این نتیجه با یافته‌های تحقیق کل صنایع کارخانه‌ای نیز مطابقت دارد و مؤید آن است که اگر فناوریهای جدید، بهره‌وری نیروی کار شاغلان را افزایش دهد، این افزایش موجب بالا رفتن تقاضای نیروی کار ماهر در این صنعت می‌شود.

ارتباط بین سرمایه‌گذارهای فیزیکی و تقاضا برای اشتغال نیروی کار ماهر، ۰/۰۲۳ است و گویای آن است که با افزایش حجم سرمایه‌گذاری، تقاضا برای نیروی کار ماهر افزایش می‌یابد. از آنجا که برخی سرمایه‌گذارهای جدید با تجهیزات دارای فناوری صورت می‌گیرد، علامت ضریب مذکور، به مفهوم ارتباط معقول بین تقاضا برای نیروی کار ماهر و سرمایه است.

تأثیر متغیر هزینه تحقیق و توسعه بر اشتغال نیروی کار ماهر صنایع غذایی، مثبت و ۰/۰۱۳ می‌باشد. واکنش تقاضای نیروی کار غیرماهر این صنعت در مقابل دستمزد، منفی و معنی‌دار است و تقاضای نیروی کار در این قسمت، بر اساس میزان دستمزد پرداختی به عامل کار انجام می‌گیرد. در این صنعت، بهره‌وری، تقاضا برای نیروی کار غیرماهر را کاهش می‌دهد. بنابراین تقاضای نیروی کار غیرماهر به دستمزد واقعی خیلی حساس است اما تقاضا برای نیروی کار ماهر، به بهره‌وری حساسیت بیشتری نشان می‌دهد.

در صنایع نساجی که بخش عمده‌ای از شاغلان صنایع کارخانه‌ای در آن فعالیت دارند، متغیرهای بهره‌وری، دستمزد و سرمایه فیزیکی متغیرهای اثرگذار و معناداری بر اشتغال نیروی کار ماهر بوده‌اند.

برخلاف سایر مدل‌های برآورد شده، تأثیر هزینه تحقیق و توسعه بر اشتغال نیروی کار ماهر منفی و سطح معنادار بودن آن پایین می‌باشد. مهمترین متغیری که بیشترین تأثیر را بر اشتغال نیروی کار ماهر در صنعت نساجی دارد، بهره‌وری نیروی کار است. در مورد نیروی کار ماهر، ضریب متغیر بهره‌وری بر نسبت اشتغال نیروی کار ماهر به کل شاغلان ۰/۵۶ می‌باشد و با فرض ثابت بودن سایر عوامل، در ازای یک درصد افزایش در بهره‌وری نیروی کار ماهر، تقاضا برای نسبت شاغلان ماهر به کل اشتغال ۰/۵۶ درصد افزایش می‌یابد. متغیر بهره‌وری در کلیه مدل‌های نیروی کار ماهر، در صنایع نساجی تأثیری مثبت و معنادار داشته است.

تأثیر $R\&D$ به عنوان متغیر جانشین فناوری، بر اشتغال نیروی کار ماهر در صنایع نساجی ۰/۰۱۴ منفی و از نظر آماری بی‌معنی است. بی‌معنی بودن متغیر مذکور، به چند عامل اساسی در نظام صنعتی ایران بستگی دارد. اول اینکه هزینه تحقیق و توسعه تا چه اندازه صنایع نساجی ایران را در دسترسی به فناوریهای جدید کمک می‌کند؛ دوم اینکه هزینه‌های تحقیق و توسعه تا چه اندازه به کاهش هزینه محصولات منجر شده‌اند و چقدر توانسته‌اند در دسترسی به بازارهای جدیدتر در صنایع مختلف و صنعت نساجی کمک کنند؟ و مهمتر از همه اینکه تا چه اندازه نهادهای تحقیق و توسعه در ایران در واحدهای تولیدی مورد پذیرش قرار گرفته و نهادینه شده‌اند. چنانچه هزینه‌های تحقیق و توسعه به خودکار شدن واحدهای تولیدی کمک کند و میزان مشارکت آن به اندازه‌ای باشد که فرایندهای تولید خودکار شوند، در آن صورت، در کوتاه مدت می‌توان تأثیر منفی بر اشتغال نیروی کار ماهر را انتظار داشت. علی‌رغم این موضوع، به نظر نمی‌رسد در صنعت نساجی ایران و فعالیتهای وابسته، هزینه تحقیق و توسعه چنین آثاری داشته باشند.

به هر حال نتایج مطالعه حاضر در مورد کل صنایع، نشان می‌دهد که هزینه تحقیق و توسعه آثار مثبتی بر اشتغال نیروی کار ماهر و ارتباط معکوسی با اشتغال نیروی کار غیرماهر دارد. اما در مورد صنایع نساجی، در مورد نیروی کار ماهر نیز این قضیه مصداق ندارد. با توجه به اینکه کشش اشتغال نسبت به دستمزد در الگوهای تقاضا، یکی از متغیرهای کلیدی می‌باشد؛ در مطلوبترین معادله برآوردی ضریب دستمزد ۰/۱۸- و معنی‌دار بوده است.

در مورد تأثیر فناوری بر اشتغال نیروی کار غیرماهر در صنایع نساجی، متغیرهای هیچ الگوی برآوردی معنی‌دار نبودند. یک نکته اساسی که باید در اشتغال‌زایی مورد توجه قرار گیرد، محدودیتهایی است که صنایع به نحوی با آن مواجه هستند و ممکن است برآورد الگوها را دچار اشکال کند. برای مثال در قانون کار موجود ایران، انعطاف‌پذیری لازم برای تعدیل نیروی کار از جانب بنگاهها وجود ندارد و در بسیاری از مواقع، بخش عمده‌ای از فعالان یک صنعت، به ویژه واحدهای دولتی، با مازاد نیروی انسانی مواجه‌اند و این محدودیت، اشکالات اساسی را در جذب یا اخراج نیروی کار در بنگاهها ایجاد می‌کند.

در صنایع چوب و فرآورده‌های آن، تأثیر متغیرهای هزینه تحقیق و توسعه و سرمایه فیزیکی بر نسبت شاغلان نیروی کار ماهر به کل اشتغال در این صنعت، چندان معنی‌دار نیست و متغیرهای دستمزد و بهره‌وری متوسط نیروی کار تأثیری مثبت بر اشتغال نیروی کار ماهر دارند. به بیان دیگر، کشش نسبت شاغلان نیروی کار ماهر نسبت به بهره‌وری آن ۰/۵۲ و نسبت به دستمزد واقعی ۰/۴۸ است که علامت متغیر دستمزد خلاف انتظار می‌باشد. تأثیر هزینه‌های تحقیق و توسعه در این صنعت منفی است و با فرض ثابت بودن سایر شرایط، در ازای یک درصد افزایش در هزینه تحقیق و توسعه نسبت به ارزش افزوده، نسبت تقاضای نیروی کار ماهر به کل شاغلان ۰/۱۵ کاهش می‌یابد. در تحلیل نهایی، می‌توان گفت که بهره‌وری، متغیر اثرگذار بر نسبت نیروی کار ماهر به کل شاغلان می‌باشد و تقاضای اشتغال در این صنعت را تحت الشعاع قرار می‌دهد.

در برآوردهای مربوط به نیروی کار ماهر، افزایش بهره‌وری، بر تقاضای نیروی کار غیرماهر اثر منفی دارد. این ضریب، کشش نسبت تقاضای نیروی کار غیرماهر به کل شاغلان را در مقابل بهره‌وری ناشی از رشد فناوری نشان می‌دهد. ضریب متغیر نسبت هزینه تحقیق و توسعه به ارزش افزوده، بر نسبت تقاضای نیروی کار ماهر به کل شاغلان، مثبت، معنادار و برابر ۰/۰۴۵ می‌باشد. تقاضای نیروی کار ماهر در برابر دستمزدهای واقعی از خود حساسیت نشان می‌دهد و این واکنش معنی‌دار است. کلیه ضرایب در معادلات برآورد شده در مورد نیروی کار ماهر نشان می‌دهد که واکنش نسبت تقاضای نیروی کار ماهر به کل شاغلان به متغیرهای غیر دستمزدی بیشتر می‌باشد. این یافته در مورد نسبت تقاضای نیروی کار به سایر عوامل غیر دستمزدی بخشهای صنعتی نیز مشهود است و یک موضوع اقتصادی را تبیین می‌کند و آن اینکه باعث ایجاد ارزش افزوده و سودآوری بیشتر توسط نیروی کار مولد می‌شود. بنابراین تقاضای نیروی کار ماهر، به عواملی نظیر بهره‌وری و بازدهی نیروی کار حساسیت بیشتری از خود نشان می‌دهد.

در صنایع چاپ و نشر، بهره‌وری بر تقاضای نیروی کار ماهر تأثیر مثبتی داشته است. در واقع، کشش نسبت تقاضای نیروی کار ماهر از متغیر فوق به شکل معنی‌داری تأثیر پذیرفته است. سایر متغیرها به دلیل معنی‌دار نبودن از الگو حذف شده‌اند. در صنایع شیمیایی، متغیرهای دستمزد واقعی تأثیر منفی بر نسبت تقاضای نیروی کار ماهر به کل تقاضای نیروی کار دارد و ضریب کشش آن منفی ۰/۲۰۲ می‌باشد. اثر متغیر هزینه تحقیق و توسعه نسبت به ارزش افزوده بر نسبت اشتغال نیروی کار ماهر ۰/۰۶، مثبت و معنی‌دار است. بهره‌وری نیروی کار نیز ارتباط مستقیمی با تقاضای نیروی کار ماهر دارد و مقدار ضریب آن در صنعت پتروشیمی ۰/۴۸ می‌باشد. این تأثیر نیز مثبت و معنی‌دار است. صنایع شیمیایی یکی از معدود فعالیتهایی است که تأثیر هزینه تحقیق و توسعه در آن بر تقاضای نیروی کار ماهر مثبت و معنی‌دار بوده است. در سایر صنایع، این معنی‌داری در مورد تقاضای نیروی کار ماهر و متغیر تحقیق و توسعه به چشم نمی‌خورد. مشاهدات آماری گسترده‌تر و استفاده از عامل تحقیق و توسعه در ظرفیت‌سازی و سرمایه‌گذاری صنایع شیمیایی،

نقش اساسی ایفا کرده است. نهادینه شدن واحدهای تحقیق و توسعه موجب می‌شود تا کالاهای جدید با فناوریهای جدید به بازارهای داخلی و بین‌المللی عرضه شود. با توجه به سهم ۰/۸ درصدی صادرات با فناوری بالا، آن هم با تعریفهای مرسوم در اقتصاد ایران، به نظر می‌رسد که نهادهای تحقیق و توسعه تا رسیدن به شرایط مطلوب راه طولانی در پیش دارند.

در صنایع کانی غیرفلزی، تأثیر نسبت هزینه تحقیق و توسعه بر نسبت اشتغال نیروی کار ماهر به کل شاغلان مثبت، معنادار و مقدار ضریب آن برابر ۰/۰۴ می‌باشد. این نشان می‌دهد که در ازای یک درصد افزایش در نسبت هزینه تحقیق و توسعه به ارزش افزوده در صنایع کانی غیرفلزی نسبت تقاضای نیروی کار ماهر به کل تقاضای نیروی کار ۰/۰۴ افزایش می‌یابد. به بیان دیگر، در ازای ۱۰۰ درصد افزایش در نسبت هزینه تحقیق و توسعه به ارزش افزوده در این صنعت، نسبت اشتغال نیروی کار ماهر به کل اشتغال چهار درصد افزایش می‌یابد. تأثیر دستمزد واقعی بر نسبت اشتغال نیروی کار ماهر در این رشته فعالیت منفی ۰/۱۲ می‌باشد و ارتباط نظری آن با تقاضای نیروی کار ماهر همخوانی دارد. در مناسب‌ترین الگوی برآوردی، ضریب میزان رشد بهره‌وری نیروی کار ماهر و تقاضای اشتغال ۰/۳۶ است و با فرض ثابت بودن سایر شرایط، یک درصد افزایش بهره‌وری ناشی از آموزشهای نوین یا فناوریهای بهنگام، نسبت تقاضای نیروی کار ماهر را ۰/۳۶ افزایش می‌دهد.

در صنایع تولیدکننده ماشین‌آلات، متغیر نسبت هزینه تحقیق و توسعه به ارزش افزوده و متغیر بهره‌وری نیروی کار تأثیر مثبت بر نسبت تقاضای نیروی کار ماهر دارد. مقادیر ضرایب فوق در مناسب‌ترین الگوی برآورد شده، به ترتیب ۰/۰۲۶، ۰/۱۳۸ و از نظر آماری معنادار می‌باشند. این ضرایب نشان دهنده آن است که افزایش هر کدام از متغیرهای مورد بحث، تأثیری مثبت بر نسبت اشتغال نیروی کار ماهر در این فعالیت دارند. این ضرایب نشان می‌دهند که ساختار صنعت ماشین‌آلات با سایر صنایع متفاوت بوده و فقط به نیروی کار دارای تخصص و مهارت نیاز دارد.

در صنایع تولید فلزات اساسی، متغیرهای منظور شده در مدل برای ارزیابی تأثیر فناوری بر تقاضای نیروی کار، نشانگر آن است که تنها متغیر بهره‌وری دارای پاسخ متقاعدکننده و از نظر آماری معنادار می‌باشد. ضریب متغیر بهره‌وری بر اشتغال نیروی کار ماهر ۰/۱۹ است. ضرایب برآوردشده سایر متغیرها در الگو، نتایج مطلوبی در بر نداشتند. لذا این قبیل متغیرها یا از الگو حذف شده و یا ضریب برآوردشده به دلیل غیرقابل اتکا بودن، تفسیر نشده است. در هر حال، اگر چه علامت متغیر هزینه تحقیق و توسعه بر اشتغال نیروی کار ماهر مثبت و ضریب آن ۰/۰۱۶ است؛ اما به علت پایین بودن سطح معنی‌داری، تفسیر آن چندان مورد توجه قرار نگرفت.

به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که در صنایع و فعالیتهایی که مشاهدات آماری، قابل توجه بوده و آن صنعت زیربخشهای زیادی داشته است، واریانس ضرایب برآوردشده کمتر بوده و نتایج، با واقعیات موجود انطباق بیشتری داشته است.

جدول-۳. مقایسه ضرایب متغیرهای فناوری بر اشتغال نیروی کار ماهر در صنایع کارخانه‌ای ایران

عنوان	W/VA	K/VA	R&D/VA	APL
صنایع مواد غذایی	۰/۳۲۹	۰/۰۲۳	۰/۰۱۳	۰/۳۶۳
علامت ضریب	معنادار	بی‌معنا	بی‌معنا	معنادار
صنایع نساجی	-۰/۱۸۷	-۰/۰۳۳	-۰/۰۱۴	۰/۵۶۱
علامت ضریب	معنادار	معنادار	بی‌معنا	معنادار
صنایع چوب	۰/۴۸۱	۰/۰۱۳	۰/۰۴۵	۰/۵۲۳
علامت ضریب	معنادار	بی‌معنا	معنادار	معنادار
صنایع چاپ و نشر	۰/۶۰۸	--	--	۰/۵۸۶
علامت ضریب	معنادار	--	--	معنادار
صنایع شیمیایی	-۰/۲۰۲	-	۰/۰۰۵	۰/۴۸
علامت ضریب	معنادار	بی‌معنا	معنادار	معنادار
صنایع کانی غیر فلزی	-۰/۱۲	-	۰/۰۳۹۷	۰/۳۶
علامت ضریب	معنادار	بی‌معنا	معنادار	معنادار
صنایع ماشین آلات	---	---	۰/۰۲۶	۰/۱۳۸
علامت ضریب	-	بی‌معنا	معنادار	معنادار
صنایع تولید فلزات اساسی	۰/۲۰	-	۰/۰۱۶	۰/۱۹
علامت ضریب	معنادار	بی‌معنا	بی‌معنا	معنادار
کل صنعت	۰/۰۹۴۷	-	۰/۰۱۵	۰/۲۱۹
علامت ضریب	معنادار	بی‌معنا	بی‌معنا	معنادار

مأخذ: یافته‌های نویسندگان

۶. خلاصه و نتیجه‌گیری

۱- نتایج این مطالعه، نشان می‌دهد که فناوری، متغیر جانشین نیروی کار غیرماهر و متغیر مکمل نیروی کار ماهر است. بنابراین ارتقای فناوری در بخش صنعت، منجر به افزایش تقاضای نیروی کار ماهر و کاهش تقاضا برای نیروی کار غیرماهر می‌شود. با فرض ثابت‌بودن سایر عوامل در کل صنعت، افزایش نسبت سرمایه به ارزش افزوده موجب کاهش سهم اشتغال نیروی کار غیرماهر می‌شود. افزایش نسبت سرمایه به ارزش افزوده، به معنی سرمایه‌بر شدن تکنولوژی تولید است و این نتیجه را به دنبال دارد که با سرمایه‌بر شدن تکنیک تولید، سهم نیروی کار غیرماهر کاهش می‌یابد. چون سرمایه‌گذار پهای فیزیکی، با انباشت فناوریهای جدید همراه است؛ انتظار می‌رود که در فرایند تولید محصولات جدید، از نیروی کار ماهر استفاده گردد.

۲- تأثیر متغیر بهره‌وری بر تقاضای نیروی کار غیرماهر منفی است. با فرض ثبات سایر متغیرهای مدل، چنانچه بهره‌وری نیروی کار در نتیجه بهبود فناوری افزایش یابد؛ میزان تقاضای نیروی کار غیرماهر

کاهش می‌یابد. این ضریب ۰/۱۳- و معنی‌دار می‌باشد. ضریب این متغیر، در کل صنایع ایران در دوره زمانی مطالعه، نشان می‌دهد که سرمایه فیزیکی و نیروی کار غیرماهر جانشین یکدیگرند. این بدان معناست که در برنامه‌های توسعه صنعتی، به موازات رشد سرمایه‌گذاری و سرمایه‌بر شدن تکنیک تولید، سالانه حدود ۱/۶ درصد از تقاضا برای نیروی کار غیرماهر کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، رشد بهره‌وری نیروی کار به واسطه بهبود فناوری و پیشرفت فنی، سالانه ۰/۱۳ درصد تقاضای نیروی کار غیرماهر را کاهش می‌دهد. به بیان دیگر؛ با فرض ثابت بودن سایر عوامل، به ازای یک درصد افزایش در بهره‌وری نیروی کار در کل صنایع، حدود ۰/۱۳ درصد نسبت تقاضای نیروی کار غیرماهر به کل شاغلان کاهش می‌یابد.

۳- تأثیر هزینه تحقیق و توسعه بر نسبت تقاضای نیروی کار ماهر مثبت و ۰/۰۱۵ می‌باشد. این ضریب، کسب اشتغال نسبت نیروی کار ماهر به کل شاغلان را نسبت به هزینه تحقیق و توسعه در بخش صنعتی ایران نشان می‌دهد. با فرض ثابت بودن سایر شرایط، چنانچه نسبت هزینه تحقیق و توسعه به ارزش افزوده بنگاهها در نظام صنعتی ایران یک درصد افزایش یابد؛ نسبت تقاضای نیروی کار ماهر به کل شاغلان افزایش می‌یابد. از این نظر هزینه تحقیق و توسعه، مکمل تقاضای نیروی کار ماهر است. به عبارت دیگر، با افزایش هزینه تحقیق و توسعه که منجر به تغییر فناوری و به کارگیری فناوری در بخش صنعت می‌شود، تقاضا برای نیروی کار ماهر در کل صنعت افزایش می‌یابد. با توجه به حجم بالای داده‌ها در برآورد فوق، این نتیجه از نظر سیاستگذاری حائز اهمیت است و نشان می‌دهد که بهبود فناوری، میزان جذب نیروی کار ماهر را افزایش می‌دهد.

۴- در صنایع تولید مواد غذایی، چوب، صنایع کانی غیرفلزی و به خصوص صنایع ماشین‌آلات و شیمیایی، تأثیر نسبت هزینه تحقیق و توسعه به ارزش افزوده، بر نسبت تقاضای نیروی کار ماهر به کل تقاضای نیروی کار مثبت و معنادار است و افزایش نسبت هزینه‌های تحقیق و توسعه به ارزش افزوده در این صنایع نسبت به سایر صنایع دارای اثرگذاری بیشتری بر نسبت اشتغال نیروی کار ماهر می‌باشد. بنابراین، افزایش هزینه تحقیق و توسعه در این صنایع از اولویت بالاتری در ایجاد اشتغال برخوردارند.

منابع

۱. امینی، علیرضا (۱۳۷۹)، اندازه‌گیری بهره‌وری و تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر آن در کارگاههای بزرگ صنعتی استان هرمزگان در مقایسه با کل کشور، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان هرمزگان.
۲. امینی، علیرضا (۱۳۸۰) آزمون تجربی، فرضیه مکمل بودن سرمایه-مهارت، رساله دکتری، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی.
۳. باصری بیژن (۱۳۸۰) بررسی تأثیر سرمایه‌گذاری بر اشتغال در اقتصاد ایران. پایان نامه دکتری واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.
۴. عیسی زاده، سعید (۱۳۷۸) تحول تقاضای نیروی کار در بخشهای مختلف اقتصادی ۷۵-۱۳۳۵، معاونت امور اقتصادی وزارت دارایی، .
۵. هاشمی، فرزاد، (۱۳۸۱) بررسی روند اشتغال‌زایی صنایع کوچک در ایران. فصلنامه پژوهشها و سیاستهای اقتصادی. سال دهم. شماره ۲۱. بهار.
۶. وحیدی، پریدخت (۱۳۷۹) تأثیر علم و فناوری بر مزدهای واقعی در ایران. مجله برنامه و بودجه، شماره ۵۲ و ۵۳.
۷. وحیدی، پریدخت (۱۳۷۹) رابطه علم، فناوری و اشتغال در بخش صنعت ایران، مجله برنامه و بودجه، شماره ۵۴ و ۵۵.
8. Blanchflower, D. and Burgess, S. (1999) 'New Technology and Jobs: Comparative Evidence from a Two Country Study', *Economics of Innovation and New Technology*, 6(1/2).
9. Blanchflower, D. , Millward, N. and Oswald, A. (1991) 'Unionisation and Employment Behaviour', *Economic Journal*, 101, 815-34.
10. Blechinger, D. , Kleinknecht, A. , Licht, G. , and Pfeiffer, F. (1998) 'The Impact of Innovation on Employment in Europe: An Analysis using CIS Data' *ZEW Dokumentation Nr. 98-02*
11. Brouwer, E. , Kleinknecht, A. and Reijnen, J. (1993) 'Employment Growth and Innovation at the Firm Level: an Empirical Study', *Journal of Evolutionary Economics*, 3, 153-159.
12. Chennells Lucy and Reenen van(1999), *Has Technological Hurt Less Skilled Workers. Working Papers Series No. W99/27.*

13. Doms, M. , Dunne, T. and Roberts, M. (1994) 'The Role of Technology Use in the Survival and Growth of Manufacturing Plants', *mimeo. Centre for Economic Studies, US Bureau of the Census.*
14. Entorf, H. , Gollac, M. and Kramarz, F. (1999) 'New Technologies, Wages and Worker Selection', *Journal of Labor Economics*, 17(3), 464-491.
15. Goldstein H. (1995) ," Multilevel Statistical Models ," *London, Edward Arnold.*
16. Greenan, N. and Guellec, D. (1997) 'Technological Innovation and Employment Reallocation', *INSEE mimeo.*
17. Joreskog, G and Dag Sorbom ,(2003) 'Lisrel. 8. 54. Student Version', *Scientific Software International.*
18. Klette, T. and Forre, S. (1998) "Innovation and Job Creation in a Small Open Economy: Evidence from Norwegian Manufacturing Plants 1982-92', *Economics of Innovation and New Technology*, 5, 247-272.
19. Leo, H. and Steiner, V. (1994) *Innovation and Employment at the Firm Level* ,Wien: *Osterreichisches Institut fur Wirtschaftsforschung.*
20. Naderi, A. & Mace, J. (2002). *Education and Earnings: A Multilevel Analysis. Economics of Education. Review*, 22.
21. Nickell, S. and Kong, P. (1987) 'Technical Progress and Jobs', *LSE Centre for Labour Economics Discussion Paper 336.*
22. Smolny, W. (1998) 'Innovations, Prices and Employment: A Theoretical Model and Empirical Application for West German Manufacturing Firms' *Journal of Industrial Economics*, XLVI(3), 359-382.
23. Ulku, (2004) *R&D Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis, Working paper, Sep. 2004*
24. Van Reenen, J. (1997) 'Technological Innovation and Employment in a Panel of British Manufacturing Firms', *Journal of Labor Economics*, 15(2), 255-284

پیوست

روش الگوهای چند سطحی

الگوسازی چندسطحی، از جمله روشهایی است که از اوایل دهه ۱۹۹۰ مورد استقبال صاحبان علوم انسانی و اجتماعی قرار گرفته است. الگوسازی چند سطحی، از طریق متغیر در نظر گرفتن ضرایب روابط و معادله‌های مورد نظر، ساختارهای پیچیده دنیای واقعی را در کمیتهای برآوردی منظور می‌کند. البته الگوسازی با متغیر بودن ضرایب، به نیم قرن قبل برمی‌گردد ولی در الگوسازی چندسطحی، تفاوت‌های اساسی با الگوهای قبلی مشاهده می‌شود. (Naderi, A. & Mace, J., 2002)

الگوسازی چند سطحی دارای دو مشخصه عمده است. یکی از آن مشخصات این است که ضرایب یک یا چند متغیر توضیحی، به صورت تصادفی یا متغیر در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، این نوع الگوسازی مبتنی بر الگوهای با ضرایب متغیر می‌باشد. چنانچه الگوی زیر را در نظر بگیریم:

$$y_{ij} = B_{.j} + B_{.j} X_{.ij} + \sum_{k=2}^p B_k X_{kij} + e_{ij} \quad (1)$$

این الگو، یک الگوی ساده دو سطحی است که در آن، ضرایب $B_{.j}$ و $B_{.j}$ به صورت متغیر در نظر گرفته شده‌اند.

مشخصه دوم الگوهای چند سطحی، این است که یک الگو، بیش از یک جمله اخلاص دارد. تعداد جملات خطا، بستگی به تعداد ضرایب متغیر دارد. چنانچه در الگوی (۱) فرض شود که تغییرات ضرایب $B_{.j}$ و $B_{.j}$ در بین واحدهای سطح دوم تصادفی است، بنابراین:

$$\beta_{.j} = \beta_{.j} + u_{.j} ; \beta_{.j} = \beta_{.j} + u_{.j} \quad (2)$$

جایی که $u_{.j}$ و $u_{.j}$ متغیر تصادفی با ویژگیهای زیر هستند:

$$E(u_{.j}) = E(u_{.j}) = 0$$

$$Var(u_{.j}) = \delta_{u_{.j}}^2, Var(y_{.j}) = \delta_{u_{.j}}^2$$

$$Cov(u_{.j}, u_{.j}) = \delta_{u_{.j}}$$

با جایگزینی مقادیر $B_{.j}$ و $B_{.j}$ در الگوی (۱)، فرم خلاصه شده به صورت زیر می‌گردد:

$$y_{ij} = \beta_{.j} + \beta_{.j} X_{.ij} + \sum_{k=2}^p C_{kij} + u_{.j} X_{.ij} + e_{ij} \quad (3)$$

همانگونه که ملاحظه می‌شود، الگوی مفروض (۳) دارای سه جمله اختلال e_{ij} , $u_{.j}$, $u_{\cdot j}$ است که e_{ij} متعلق به سطح اول و $u_{.j}$, $u_{\cdot j}$ متعلق به سطح دوم می‌باشند که از آن به عنوان یک الگوی دو سطحی یاد می‌شود. (Goldstei, H., 1995)

لحاظ داشتن ناهمسانی فعالیتها و بخشها و سایر موارد در این نوع الگوسازی، ساختار واریانس- کواریانس الگو را متاثر می‌سازد. در وضعیتی که عرض از مبدأ و ضریب X_1 به عنوان ضرایب متغیر باشند. یعنی:

$$y_{ij} = X_{ij} \beta + \sum_{h=1}^p u_{ij} Z_{hij} \quad (4)$$

$$= \beta_{..} + \beta_{.1} x_{\cdot ij} + \sum_{k=2}^p \beta_k x_{kij} + u_{.j} + u_{\cdot j} + e_{ij}$$

کواریانس الگو، برای یک واحد مشاهده از واحدهای سطح دوم، بطوری که این واحد نیز خود دارای دو مشاهده باشد؛ به صورت زیر می‌باشد:

$$V = X_j \pi_{\nu} X_j' = \begin{bmatrix} \pi_{\nu} \\ \pi_{\nu} \end{bmatrix} \text{ جایی که}$$

$$X_j = \begin{bmatrix} 1 & X_{1j} \\ 1 & X_{2j} \end{bmatrix}, \pi_{\nu} = \begin{bmatrix} \delta_{u_{.1}}^{\nu} & \delta_{u_{\cdot 1}}^{\nu} \\ \delta_{u_{.1}}^{\nu} & \delta_{u_{\cdot 1}}^{\nu} \end{bmatrix}$$

$$\pi_{\nu} = \delta_{e_o}^{\nu}$$

در حالی که عرض از مبدأ و ضریب X_1 به عنوان ضرایب متغیر باشند، یعنی:

$$y_{ij} = X_{ij} \beta + \sum_{h=1}^p u_{ij} Z_{hij} = \beta_{..} + \beta_{.1} x_{\cdot ij} + \sum_{k=2}^p \beta_k X_{kij} + u_{.j} + u_{\cdot j} X_{\cdot ij} + e_{ij} \quad (5)$$

کواریانس الگو برای دو واحد از سطح دو به طوری که واحد یک، خود دارای سه مشاهده و واحد دو دارای دو مشاهده باشد، به صورت زیر است:

$$v = \begin{pmatrix} X_1 \pi_{\nu} X_1' + \delta_e^{\nu} I_{(r)} & \cdot \\ \cdot & X_2 \pi_{\nu} X_2' + \delta_e^{\nu} I_{(r)} \end{pmatrix}$$

که در آن داریم:

$$\begin{pmatrix} 1 & X_{11} \\ 1 & X_{21} \\ 1 & X_{31} \end{pmatrix} X_{\tau} = \begin{pmatrix} 1 & X_{12} \\ 1 & X_{22} \end{pmatrix} \text{ و } \pi_{\tau} = \begin{pmatrix} \sigma_{u \cdot}^2 & \sigma_{u \cdot 1} \\ \sigma_{u \cdot 1} & \sigma_{u \cdot}^2 \end{pmatrix}$$

