

بررسی عوامل مؤثر بر بهره‌وری کل عوامل تولید در صنایع معدنی ایران

اکبر کمیجانی

استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران

جواد صلاحی

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی*

تاریخ دریافت: ۸۶/۰۷/۱۷

تاریخ تایید: ۸۶/۰۹/۲۷

چکیده

در این مقاله ضمن مروری بر مبانی نظری مدل‌های رشد درونزا؛ اثرگذاری سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، فناوری اطلاعات و ارتباطات و صادرات بر رشد اقتصادی و بهره‌وری کل عوامل تولید و با بهره‌گیری از مطالعات تجربی صورت گرفته در این خصوص، در سه بخش تولید محصولات اولیه آهن و فولاد، تولید محصولات اساسی آلومینیومی و تولید محصولات اساسی مسی در دوره (۱۳۷۳-۱۳۸۵) ضمن برآورد موجودی سرمایه فیزیکی، اقدام به برآورد تابع تولید و محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید گردید. ملاحظه گردید که سرمایه فیزیکی بیشترین مقدار کشتش نهاده تولید را داشته و کشتش هزینه تحقیق و توسعه و فناوری اطلاعات و ارتباطات بسیار کوچک بوده و کشتش صادرات و سرمایه انسانی معنی دار نمی‌باشد. نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در هر سه بخش مورد مطالعه روندی مشابه داشته و در چهار سال ۷۵، ۷۹، ۸۳ و ۸۵ دارای رشدی مثبت و در بقیه سال‌ها منفی می‌باشد.

واژگان کلیدی: سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، فناوری اطلاعات و ارتباطات، بهره‌وری کل عوامل تولید

طبقه‌بندی موضوعی: D24, O30

مقدمه

با نگاهی گذرا به وضع اقتصادی جهان امروز ملاحظه می‌شود که بخش عمده‌ای از رشد اقتصادی کشورها از ناحیه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید حاصل می‌شود، به طوری که در کشور مالزی سهم بهره‌وری کل عوامل تولید در تأمین رشد اقتصادی در دوره (۱۹۹۰-۱۹۸۱) به طور متوسط ۱۳٪، در دوره (۲۰۰۰-۱۹۹۱) حدود ۲۵/۵٪ و در دوره (۲۰۱۰-۲۰۰۱) حدود ۴۲/۵٪ برآورد می‌گردد. در کشور ژاپن نیز بهره‌وری کل عوامل تولید مهمترین منبع رشد اقتصادی می‌باشد، به طوری که سهم بهره‌وری کل عوامل تولید از رشد اقتصادی طی دوره (۲۰۰۱-۱۹۸۰)، حدود ۶۸/۵٪ می‌باشد. (مقدم تبریزی و ولیزاده نوز، ۱۳۸۵: ۲۳)

* دانش آموخته دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

در قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور، رشد اقتصادی هشت درصدی مورد هدف قرار گرفته است. ۵/۵ واحد درصد رشد اقتصادی از طریق افزایش نهاده کار و سرمایه و ۲/۵ واحد درصد آن در اثر بهبود بهره‌وری کل عوامل تولید بدست خواهد آمد. با توجه به ضرورت رشد سریع اقتصاد کشور برای جبران عقب‌ماندگی‌های تاریخی آن راهی جز رشد اقتصادی دانش محور وجود ندارد.

در برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور، رشد بخش صنعت و معدن ۱۱/۲ درصد در سال پیش‌بینی شده است که تحقق آن تنها از طریق افزایش نهاده‌های کار و سرمایه امکان‌پذیر نیست. در واقع رقابت‌پذیر کردن صنعت و معدن کشور و نیل به رشد بالاتر اقتصادی بدون افزایش بهره‌وری عوامل کار و سرمایه و بهره‌وری کل عوامل تولید غیرممکن خواهد بود. در این مقاله تأثیر سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، فناوری اطلاعات و ارتباطات و صادرات بر رشد و بهره‌وری کل عوامل تولید در سه بخش تولید محصولات اولیه آهن و فولاد، تولید محصولات اساسی آلومینیومی و تولید محصولات اساسی مسی در دوره (۱۳۸۵-۱۳۷۳) مورد بررسی قرار می‌گیرد. لذا پس از مروری بر مبانی نظری، مروری بر مطالعات تجربی صورت گرفته و در ادامه به معرفی مدل و تخمین آن و تفسیر نتایج پرداخته می‌شود.

۱- مبانی نظری

در مدل‌های اولیه رشد که مدل رشد هارود - دومار^۱ می‌باشد، نقش کلیدی برای سرمایه‌گذاری مورد نظر قرار گرفته است. در واقع در جهت نیل به تعادل، لازم است پس‌انداز خانوار با سرمایه‌گذاری بنگاه‌ها برابر باشد. بر مبنای این الگو تغییرات تولید یا رشد اقتصادی با تغییرات انباشت سرمایه فیزیکی تبیین می‌شود. اما آنچه در واقعیت با آن مواجه هستیم این است که تمام نوسانات اقتصادی صرفاً از ناحیه انباشت سرمایه فیزیکی قابل توضیح نیست (برانسون، ۱۳۷۳: ۷۰۴/۲).

در مدل پایه کلاسیک ارتباط بین تولید Y و خدمات سرمایه K ، نهاده کار L و عامل فناوری T به وسیله تابع تولید زیر ارائه می‌شود:

$$Y_t = f(K_t, L_t; T_t) \quad (1)$$

که فرض می‌شود که تابع تولید نئوکلاسیک دارای بازدهی ثابت نسبت به مقیاس بوده و نسبت به هر یک از نهاده‌ها دارای بازدهی مثبت و کاهنده است. در مدل نئوکلاسیک در بلندمدت سرانه تولید و رشد بهره‌وری تماماً توسط رشد برونزای پیشرفت فنی حاصل می‌شود، و اینها از سایر

پارامترهای ساختاری مستقل هستند (مانند نرخ پس‌انداز). اگر نرخ پس‌انداز و سهم سرمایه‌گذاری افزایش یابد برای مثال سطح بلندمدت بهره‌وری افزایش می‌یابد اما نرخ رشد بلندمدت در نهایت تنها منعکس‌کننده پیشرفت فنی است.

سولو^۱ (۱۹۵۷) روش مشخصی را بر اساس فروض نئوکلاسیکی برای اندازه‌گیری پیشرفت فنی ارائه می‌دهد و در این مورد نرخ پیشرفت فنی، هیکس - خنثی، برابر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید است، که این به عنوان تفاوت بین رشد تولید و رشد درونی سهم نهاده‌های اولیه (سرمایه و نیروی کار) تعریف شده است. در واقع اثر تغییر فنی و سایر عواملی که باعث افزایش رشد تولید فراتر از مقادیر ناشی از نهاده‌ها شود را اندازه‌گیری می‌کند (Stiroh, 2001: 39).

مطالعات اولیه رشد قسمت اعظم بهره‌وری نیروی کار ناشی از متغیرهای برونزا می‌باشد و اگر پیشرفت فنی وجود نداشته باشد تا زمانی که انباشت سرمایه محدود به بازدهی کاهنده باشد، رشد پایدار در سرانه متغیرها متوقف خواهد شد.

تئوری رشد نوین یا درونزا با حرکت کردن فراتر از مدل رشد نئوکلاسیک با فراهم کردن یک مکانیسم درونزا برای رشد بهره‌وری بلندمدت هم از طریق حذف بازدهی کاهنده برای سرمایه و هم از طریق تعریف تغییر فنی به عنوان نتایج خاص فعالیت‌ها توسعه یافته است (Stiroh, 2001: 37).

ساده‌ترین مدل رشد درونزا، مدل "AK" می‌باشد، که در این مدل تولید، تابع خطی سرمایه به صورت $Y_t = AK_t$ می‌باشد. در این مدل نرخ رشد اقتصاد یک تابع فزاینده از نرخ رشد سرمایه‌گذاری است. بنابراین سیاست‌های دولت که نرخ رشد سرمایه‌گذاری را دائماً افزایش می‌دهد، نرخ رشد اقتصاد را هم به صورت دائمی افزایش خواهد داد. لذا مدل AK رشد درونزا را بوجود می‌آورد و رشد بهره‌وری بلندمدت می‌تواند ادامه یافته و هر تغییری در سطح فناوری یا نرخ پس‌انداز منجر به تغییر بلندمدت در رشد بهره‌وری گردد (Jones, 1998: 150).

سرمایه‌گذاری منحصراً به معنای سرمایه‌گذاری در دارایی‌های فیزیکی نیست. سرمایه‌گذاری در برگیرنده سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی، فناوری اطلاعات و ارتباطات، و تحقیق و توسعه می‌باشد که بر روی رشد تولید و بهره‌وری کل عوامل تولید مؤثر می‌باشند که در ذیل به نحوه اثرگذاری آنها پرداخته می‌شود.

رومر (۱۹۸۶) تئوری جدیدی را ارائه می‌دهد، مکانیزم و پاسخ این سؤال که چرا ممکن است بازدهی سرمایه کاهنده نباشد را بیان می‌کند. رومر به طور خاص بر روی امکان آثار خارجی عواملی مانند تحقیق و توسعه یک بنگاه و به وجود آمدن اثر سرریز آن برای سایر بنگاه‌ها، متمرکز می‌شود.

در مدل پیشنهادی وی موجودی سرمایه و نیروی کار به منظور تولید با استفاده از ذخیره اندیشه A ترکیب می‌گردد (Romer, 1986:1010).

$$\alpha \quad \alpha \quad (۱)$$

در این مدل با سطح داده شده‌ای از پیشرفت فنی A تابع تولید دارای بازدهی ثابت نسبت به مقیاس است ولی وقتی A به عنوان نهاده وارد شود، بازدهی ثابت به بازدهی صعودی نسبت به مقیاس تبدیل می‌گردد (Jones, 1998:90). بنابراین سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی موجب رشد ایده‌های جدید، میزان ذخیره ایده‌های کشف شده و منجر به رشد در مدل رومر (معادله شماره ۲) می‌گردد. همچنین رشد بهره‌وری همراه با اندازه اقتصاد افزایش می‌یابد، زیرا اقتصاد بزرگ منابع بیشتری را به تحقیق و توسعه اختصاص می‌دهد و تولید دانش برای همه امکان‌پذیر می‌شود و فناوری سریع‌تر رشد می‌کند (Jones, 1998:92).

تحقیق و توسعه موجب پیشرفت فناوری، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری می‌شود. فناوری‌های جدید موجب تقویت جایجایی عوامل تولید و ایجاد تنوع بیشتر در تولیدات می‌باشد. تحقیق و توسعه علاوه بر افزایش نوآوری، از طریق افزایش توان بالقوه تقلید فناوری‌ها هم رشد و بهره‌وری را افزایش می‌دهد. تقلید فناوری‌ها نقش اساسی را برای کشورهایی که فاصله زیاد فناوری‌ها با کشورهای پیشرفته دارند، ایفا می‌کند. البته بازدهی تقلید فناوری‌ها، زمانی که به مرز فناوری کشورهای پیشرفته نزدیک می‌شویم کاهش می‌یابد و نوآوری دارای اهمیت بیشتری در کاهش شکاف فناوری می‌شود.

خان (Khan) تابع تولید کاب داگلاس برای تولید بخش زدر کشور i در زمان t را به صورت

زیر نشان می‌دهد:

که در آن A شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید است. اگر f بیانگر کشور مستقر در مرز فناوری باشد و i بیانگر کشور مستقر در حد پائین‌تر از مرز فناوری باشد، اثر تحقیق و توسعه بر روی بهره‌وری کل عوامل تولید شامل اثر مستقیم به معنای اثر کشف ایده‌های جدید و نوآوری و اثر غیرمستقیم، توان بالقوه تقلید تکنولوژی‌ها از کشورهای مستقر در مرز فناوری می‌باشد، که به صورت رابطه زیر بیان می‌گردد:

$$\Delta \ln A_{i,j,t} = \gamma_{i,j} + \lambda_{i,j} \ln \left[\frac{A_{f,j,t-1}}{A_{i,j,t-1}} \right] \quad (۴)$$

که $\gamma_{i,j}$ نشان دهنده اثر نوآوری کشف ایده‌های جدید در کشور i می‌باشد (اثر مستقیم) و نشان دهنده اثر غیرمستقیم تحقیق و توسعه یا توان بالقوه تقلید فناوری می‌باشد. پس نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید تابعی از نرخ رشد نوآوری و عواید انتقال فناوری است (Khan, 2006:8-12).

مدل زیر نیز جهت ملاحظه اثرات تحقیق و توسعه بر رشد توسط گریلیچس^۱ ارائه گردیده است:

$$Y = K^a H^\beta (AL)^{1-a-\beta}$$

که در آن X بردار نهاده‌های معمول مانند سرمایه و نیروی کار است و R میزان تلاش‌های تحقیقی را اندازه می‌گیرد. همچنین سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه بر تغییر بهره‌وری مؤثر است (Stiroh, 2001: 44).

حال به چگونگی نحوه تأثیر سرمایه انسانی بر رشد و بهره‌وری کل عوامل تولید پرداخته می‌شود. تأثیرگذاری سرمایه انسانی بر رشد از دو ناحیه قابل تصور است. یکی اینکه سرمایه‌گذاری در منابع انسانی با فرض ثبات سایر شرایط، توان تولید افراد را افزایش می‌دهد. محور دیگر تحلیل‌ها بر این نکته متمرکز است که این سرمایه‌گذاری‌ها افزایش تولیدات را از ناحیه انتقال فناوری جدید و کاربرد آن محقق می‌سازد. بر مبنای این ملاحظات هر قدر سرمایه انسانی از ناحیه آموزش بیشتر باشد، بستری لازم برای استفاده از فناوری وارداتی نیز بیشتر خواهد شد (جهانگرد، ۱۳۸۳: ۶۸). منکیو، رومر و ویل^۲ (۱۹۹۲) با استفاده از یک تابع کاب - داگلاس به طور صریح سرمایه انسانی را به عنوان عامل تعیین‌کننده ستاده وارد تابع نموده‌اند.

$$Y = K^a H^\beta (AL)^{1-a-\beta} \quad (۶)$$

که H ذخیره سرمایه انسانی است. این محققین از متغیر کسب تحصیل به عنوان جانشین سرمایه انسانی استفاده نموده‌اند. آنها دریافتند که این مدل نئوکلاسیک به خوبی پیش‌بینی در مورد رشد و تخمین کشش‌های ستاده را انجام می‌دهد (Stiroh, 2001: 44).

در این قسمت به نحوه تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی و بهره‌وری کل عوامل تولید پرداخته می‌شود. فناوری اطلاعات و ارتباطات به سه روش اساسی بر رشد اقتصادی، تولید و بهره‌وری تأثیر می‌گذارد. اول اینکه، تولید کالاها و خدمات فناوری اطلاعات و ارتباطات بخشی از ارزش افزوده اقتصاد هستند. دوم، بکارگیری سرمایه فناوری اطلاعات و ارتباطات به عنوان نهاده در تولید همه کالاها و خدمات باعث ایجاد رشد اقتصادی می‌گردد. در نهایت فناوری

1- Griliches
2- Monkiw, Romer, Weil

اطلاعات و ارتباطات از طریق کمک بخش تولید کالاها و خدمات فناوری اطلاعات و ارتباطات، منجر به تغییر و بهبود فناوری گردیده و موجب رشد اقتصادی می‌گردند. برای برآورد تأثیر سرمایه‌گذاری در فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد و بهره‌وری کل عوامل تولید، در ادبیات اقتصادی از روش برآورد تابع تولید استفاده می‌شود. جهانگرد در چارچوب حسابداری رشد، تابع تولید را به شکل کاب - داگلاس و به صورت زیر در نظر گرفته است:

$$\alpha \quad \alpha \quad \alpha \quad \alpha$$

(۶)

که در آن تولید با نهاده‌های سرمایه‌ای فناوری اطلاعات و ارتباطات یعنی C و دیگر انواع سرمایه فیزیکی (غیر از فناوری اطلاعات و ارتباطات)، سرمایه انسانی و نیروی کار انجام می‌گیرد. با گرفتن لگاریتم طبیعی از معادله (۶) و مشتق‌گیری آن نسبت به زمان خواهیم داشت:

$$\alpha \quad \alpha \quad \alpha \quad \alpha$$

(۷)

که A معرف باقیمانده است و نرخ رشد آن نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید را نشان می‌دهد (جهانگرد، ۱۳۸۳: ۷۹-۷۷). پس ملاحظه گردید که فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد تولید و بهره‌وری کل عوامل تولید مؤثر می‌باشد.

اکنون نحوه تأثیر صادرات بر رشد تولید و بهره‌وری کل عوامل تولید مورد بررسی قرار می‌گیرد. صادرات به عنوان بخشی از تولید کشور بر رشد اقتصادی تأثیر می‌گذارد. بخش تولید کالاها و صادراتی کشور بدلیل روبرو شدن با محیط رقابتی تر بازرگانی بین‌المللی، به دنبال بهره‌برداری بیشتر از مزیت‌ها و برتری‌های نسبی و صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس است و لذا بهره‌وری در بخش صادراتی بیشتر از بخش غیر صادراتی است. بخش صادراتی از سوی دیگر بر شیوه مدیریت و فناوری‌های تولید بخش غیر صادراتی مؤثر است. اگر توابع تولید بخش صادراتی و غیر صادراتی به صورت زیر باشند:

$$N = F(K_n, L_n, X)$$

$$X = G(K_x, L_x)$$

(۹)

که N بیانگر بخش غیر صادراتی و X بخش صادراتی، K موجودی سرمایه و L نیروی کار می‌باشد. نسبت بهره‌وری نهایی عوامل در دو بخش به صورت:

$$\frac{G_k}{F_k} = \frac{G_l}{F_l} = 1 + \delta$$

(۱۰)

باشد، با گرفتن دیفرانسیل از معادلات (۹) و با توجه به اینکه کل تولید ناخالص ملی

Y=N+X می‌باشد، خواهیم داشت:

$$\frac{\dot{y}}{y} = \alpha \frac{I}{y} + \beta \frac{\dot{l}}{l} + \frac{\delta}{1+\delta} + F_x \left(\frac{\dot{x}}{x} \right) \left(\frac{x}{y} \right) \quad (11)$$

که با این رابطه اثرگذاری بخش صادراتی بر کل تولید ناخالص ملی تبیین می‌گردد. β و α کشش عوامل تولید موجودی سرمایه و نیروی کار می‌باشند (Feder, 1982:60-62).

۲- نحوه محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید

در این مقاله محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید مد نظر می‌باشد و از روش نرخ رشد حسابداری محاسبه خواهد شد. در این روش نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید به عنوان تغییر خاص در ستانده و تغییر در سطوح نهاده‌ها در نظر گرفته می‌شود و اغلب بهره‌وری کل عوامل تولید به (باقیمانده‌ها) به عنوان معیار (ناشناخته‌ها) نسبت داده می‌شود (Adeola and Alaba, 1999:260).

برای محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید نیاز به معرفی تابع تولید و برآورد آن می‌باشد. توابع مهم تولید شامل تابع تولید کاب - داگلاس، تابع تولید متعالی، تابع تولید دبرتین، تابع تولید ترانسلوگ و تابع تولید با کشش جانشینی ثابت می‌باشند. تابع تولید کاب - داگلاس معروفترین تابع در اقتصاد و دارای کاربرد فراوانی می‌باشد. در این تابع با در نظر گرفتن دو نهاده نیروی کار و سرمایه و بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، مجموع کشش دو نهاده نیروی کار و سرمایه برابر با یک در نظر گرفته می‌شود. تابع تولید متعالی شکل تغییر یافته کاب - داگلاس می‌باشد که کشش هر یک از عوامل تولید در این تابع متغیر می‌باشد. در تابع تولید دبرتین اثر متقاطع نهاده‌ها (حاصل ضرب نهاده‌ها در یکدیگر) در تابع تولید در نظر گرفته شده است. در تابع تولید ترانسلوگ و تابع تولید با کشش جانشینی ثابت نیز کشش هر یک از عوامل تولید متغیر می‌باشد.^۱

در این مقاله با بهره‌گیری از مطالعات تجربی که در بخش‌های بعدی به آن پرداخته خواهد شد، توابع بکار گرفته شده عمدتاً به شکل کاب داگلاس می‌باشند و متداول‌ترین تابع تولید در مباحث اقتصادی می‌باشد. این تابع دارای شکل غیرخطی می‌باشد و راحتی به صورت تابع تولید خطی لگاریتمی تبدیل می‌شود تا استفاده از آن ساده‌تر شود. بنابراین تابع تولید کاب - داگلاس مورد استفاده قرار می‌گیرد. تاکنون مبانی نظری رشد و تأثیر سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، فناوری اطلاعات و ارتباطات و صادرات بر روی رشد و بهره‌وری کل عوامل تولید و همچنین نحوه محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید و برخی از توابع مهم تولید مورد بحث قرار گرفت. در ادامه مروری بر مطالعات تجربی صورت می‌گیرد.

۱ - برای مطالعه بیشتر روش‌های محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید و انواع تابع تولید به مأخذ زیر مراجعه شود: صلاحی، جواد، «عوامل مؤثر بر بهره‌وری کل عوامل تولید در مدل‌های رشد درونزا، مطالعه موردی: صنایع معدنی ایران»، رساله دکتری رشته اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ۱۳۸۶.

۳- مطالعات تجربی

در مطالعات تجربی صورت گرفته هم در کشورهای در حال توسعه و هم در کشورهای توسعه یافته، علاوه بر نهاده‌های نیروی کار و سرمایه فیزیکی، سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، فناوری اطلاعات و ارتباطات و صادرات نیز مورد توجه قرار گرفته است. مطالعاتی که در ایران صورت گرفته در سطح کلان بوده و اثرگذاری تمامی عوامل (سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، فناوری اطلاعات و ارتباطات و صادرات) در یک مطالعه مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. در مطالعات صورت گرفته یکی از این عوامل و یا حداکثر اثر دو عامل بر روی رشد و بهره‌وری کل عوامل تولید مورد بررسی قرار گرفته است.

مطالعه‌ای توسط مدا، پیگا و سیگل (۲۰۰۳) در خصوص ارتباط بین تحقیق و توسعه و بهره‌وری کل عوامل تولید در سطح بنگاه‌های تولیدکننده محصولات کارخانه‌ای ایتالیا دارای بیش از ۱۰ نفر کارکن در دوره (۱۹۹۷-۱۹۹۲) با استفاده از تابع تولید کاب داگلاس صورت گرفته است. در این مطالعه هزینه پرداختی به تحقیقات علمی متغیر جانشین تحقیق و توسعه بوده و نتیجه می‌گیرد هزینه تحقیق و توسعه پرداختی برای تولید محصول و فرایند تولید داخلی بنگاه اثر مثبت و معنی‌داری بر روی بهره‌وری کل عوامل تولید دارد. اما هزینه پرداختی به دانشگاه‌ها به علت ماهیت پایه‌ای و بلندمدت آنها اثر مثبت بر روی بهره‌وری کل عوامل تولید ندارند (Medda, Piga and Siegel, 2003: 1-21).

مطالعه دیگری توسط بچتی، بدویا و پاگانتا (۲۰۰۳) در خصوص ارتباط فناوری اطلاعات و ارتباطات، بهره‌وری و کارایی با استفاده از اطلاعات بیش از ۴۰۰۰ بنگاه صنعتی ۱۱ تا ۵۰۰ نفر کارکن ایتالیا و اطلاعات سال ۱۹۹۷ صورت گرفته است. متغیرهای تابع تولید شامل فناوری اطلاعات و ارتباطات (که خود به سرمایه‌گذاری در نرم افزارها و سرمایه‌گذاری در ارتباطات تفکیک شده است)، سرمایه فیزیکی و سرمایه انسانی می‌باشند. این مطالعه نتیجه گرفت که سرمایه‌گذاری در ارتباطات تأثیر مثبت بر فرایند تولید و محصولات جدید دارد و سرمایه‌گذاری در نرم افزارها باعث افزایش تقاضای نیروی کار ماهر و بهره‌وری متوسط نیروی کار می‌شود (Becchetti, Bedoya and Paganetta, 2003: 1-18).

مطالعه‌ای توسط خان (۲۰۰۷) در خصوص رشد بهره‌وری، همگرایی تکنولوژیکی، تحقیق و توسعه، تجارت و بازار کار در بخش صنایع کارخانه‌ای فرانسه در دوره (۲۰۰۲-۱۹۸۰) صورت گرفته است. ملاحظه گردید نوآوری به عنوان اثر مستقیم تحقیق و توسعه، تأثیر مثبت بر روی رشد و بهره‌وری دارد. از آنجا که تحقیق و توسعه از طریق تقلید تکنولوژیکی نیز بر رشد و بهره‌وری مؤثر است، بدین صورت، زمانی که کشور فاصله تکنولوژیکی زیادی با کشور صاحب فناوری دارد، تقلید تکنولوژیکی عامل اصلی رشد و بهره‌وری است. در این مقاله اثر تقلید

تکنولوژیکی به صورت نسبت تحقیق و توسعه کشور مستقر در مرز فناوری (صاحب فناوری) به تحقیق و توسعه کشور وارد کننده فناوری تعریف شده است، بر روی رشد بی‌معنی می‌باشد. تجارت (صادرات و واردات) نیز بر روی رشد و بهره‌وری کل عوامل تولید اثر مثبت و معنی‌داری دارد. قانون حمایت از کارکنان، قوانین سخت‌استخدام و اخراج کارکنان، قانون حداقل دستمزد بالا در فرانسه، مانع از ساماندهی فرایند تولید و بکارگیری بهینه نیروی کار شده و اثر منفی بر روی بهره‌وری دارد (Khan, 2006:1-28).

مطالعه مشابهی توسط کامرون، پرودمن و وردینگ (۲۰۰۵)، در خصوص همگرایی تکنولوژیکی، تحقیق و توسعه، تجارت و رشد بهره‌وری ۱۴ بخش صنعتی انگلستان در دوره (۱۹۹۲-۱۹۷۰) صورت گرفته است. در این مطالعه علاوه بر متغیرهای مطالعه خان (۲۰۰۶)، سرمایه انسانی نیز وارد مدل گردیده و به همان نتایج دست یافته است با این تفاوت که اثر غیرمستقیم تحقیق و توسعه (اثر تقلید فناوری) تأثیر مثبت بر روی بهره‌وری کل عوامل تولید دارد. ضمن آنکه سرمایه انسانی نیز بر رشد و بهره‌وری کل عوامل تولید دارای اثر مثبت می‌باشد (Cameron, Proudman and Redding, 2005: 775-807).

مطالعات تجربی دیگری نیز در ایران و کشورهای در حال توسعه صورت گرفته است، که به برخی از آنها به شرح ذیل پرداخته می‌شود.

اسفندیار جهانگرد (۱۳۸۳)، در مطالعه‌ای به دنبال ارزیابی نحوه تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی در سطح کلان و بهره‌وری فعالیت‌های صنعتی ایران است. در این مطالعه یک الگوی رشد با تأکید بر فناوری اطلاعات و ارتباطات، با استفاده از روش فضا - حالت^۱ برای دوره (۱۳۴۸-۱۳۸۰) اقتصاد ایران برآورد شد و نتیجه گرفت در ایران در سال‌های اخیر سرمایه‌گذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی اثر مثبت و معنی‌داری دارد. (جهانگرد، ۱۳۸۳: ۱۳۲-۱۳۰) سپس به بررسی و تحلیل تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره‌وری نیروی کار صنایع کارخانه‌ای با استفاده از داده‌های نتایج آمارگیری کارگاه‌های صنعتی بالای ۱۰ نفر کارکن مرکز آمار ایران در دوره (۱۳۷۴-۱۳۸۰) و تابع تولید کاب - داگلاس پرداخته است. متغیر جانشین فناوری اطلاعات و ارتباطات، سرمایه‌گذاری در نرم افزارهای کامپیوتری و هزینه ارتباطات و مخبرات می‌باشند. نتیجه می‌گیرد کشش نهاده سرمایه فیزیکی از دیگر عوامل تولید بیشتر است و بعد از آن کشش نیروی کار ساده در رتبه بعدی قرار می‌گیرد و در نهایت آنکه تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره‌وری نیروی کار ناچیز می‌باشد (جهانگرد، ۱۳۸۳: ۲۲۷-۲۲۳).

کمیجانی و شاه آبادی (۱۳۸۰)، مطالعه‌ای را در خصوص ارزیابی نقش انباشت سرمایه تحقیق و توسعه داخلی و انباشت سرمایه تحقیق و توسعه خارجی از طریق تجارت خارجی بر روی بهره‌وری کل عوامل تولید در دوره (۱۳۷۸-۱۳۴۷) با استفاده از تابع تولید کاب-داگلاس انجام داده‌اند و نتیجه می‌گیرند که انباشت سرمایه تحقیق و توسعه داخلی و انباشت سرمایه تحقیق و توسعه خارجی اثر مهمی بر روی بهره‌وری کل عوامل تولید و رشد اقتصادی دارند ولی اثر انباشت سرمایه تحقیق و توسعه خارجی قویتر از انباشت سرمایه تحقیق و توسعه داخلی بر روی بهره‌وری کل عوامل تولید است (کمیجانی و شاه آبادی، ۱۳۸۰: ۶۸-۲۹).

کمیجانی و صفوی (۱۳۸۵) مطالعه‌ای را در خصوص بررسی اثر توسعه صادرات بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در زیربخش‌های صنعتی استان‌های تهران، اصفهان، آذربایجان شرقی و خراسان در دوره (۱۳۸۰-۱۳۶۷) با استفاده از تابع تولید کاب-داگلاس و متغیرهای نیروی انسانی و موجودی سرمایه انجام داده‌اند. پس از محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید در چهار استان، آن را بر صادرات و واردات هر یک از زیربخش‌های صنعتی چهار استان برازش نموده‌اند و نتیجه گرفتند که اثر صادرات در صنعت فلزات اساسی بر روی بهره‌وری کل عوامل تولید بی‌معنی است (کمیجانی و صفوی، ۱۳۸۵: ۳۲-۳).

مطالعه لی و کاتری (۲۰۰۳)، در خصوص تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی در کشورهای آسیای جنوب شرقی در دهه ۱۹۹۰ با استفاده از تابع تولید کاب-داگلاس با متغیرهای سرمایه غیر فناوری اطلاعات، سرمایه فناوری اطلاعات شامل سخت افزار، نرم افزار، ارتباطات و نیروی کار صورت گرفته است. ملاحظه گردید که تعمیق سرمایه در نیمه دوم دهه ۱۹۹۰ به شدت به بهبود بهره‌وری نیروی کار کشورهای آسیای جنوب شرقی انجامیده است و به رشد اقتصادی کمک زیادی نموده و موجب گردید برخی کشورها حداقل تأثیر را از بحران شرق آسیا داشته باشند (Lee and Khatri, 2003:7-9).

ملاحظه گردید که در مطالعات تجربی صورت گرفته در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، فناوری اطلاعات و ارتباطات و صادرات بر روی رشد و بهره‌وری کل عوامل تولید اثرگذار هستند، هر چند که در برخی از مطالعات میزان اثرگذاری محدود بوده است. در ادامه به معرفی مدل پرداخته و پس از تشریح متغیرهای مدل، اقدام به برآورد مدل و محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید و تفسیر نتایج پرداخته می‌شود.

۴- معرفی و برآورد مدل

در این بخش از مقاله با بهره‌گیری از مبانی نظری و مطالعات تجربی صورت گرفته، به معرفی مدل و متغیرهای بکار گرفته در مدل و برآورد آن پرداخته می‌شود. مطالعه در سه بخش تولید محصولات اساسی آهن و فولاد، مس و آلومینیوم در دوره (۱۳۷۳-۱۳۸۵) صورت می‌گیرد. بدلیل آنکه آمار و اطلاعات متغیرها برای هر سه بخش، از سال ۱۳۷۳ موجود می‌باشند، لذا سال شروع مطالعه سال ۱۳۷۳ می‌باشد. عمده آمار و اطلاعات مورد استفاده از آمار کارگاه‌های بزرگ صنعتی بالای ۵۰ نفر کارکن مرکز آمار ایران استخراج شده است. متغیرهای دارای مقادیر ارزشی، با استفاده از شاخص قیمت تولید کننده بانک مرکزی به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ تبدیل شده‌اند.

در بخش مبانی نظری نحوه اثرگذاری سرمایه انسانی بر رشد و بهره‌وری مشخص گردید. بنابراین دسترسی به آموزش با کیفیت بالا، موجب افزایش دانش و نگرش مثبت به رشد و توسعه در افراد می‌شود. سرمایه انسانی باعث افزایش توان تولید، تسهیل‌کننده مسیر تقلید و جذب فناوری، تحقق انتقال فناوری جدید و کاربرد آن و افزایش تولید و رشد و بهره‌وری می‌گردد. لذا این متغیر به عنوان نهاد تولید، وارد مدل می‌گردد. همچون مطالعه بارو^۱ (۱۹۹۱) و میلر و اپادهیای^۲ (۱۹۹۷) تعداد نیروی انسانی دارای تحصیلات دانشگاهی هر یک از بخش‌ها به عنوان متغیر سرمایه انسانی، و تعداد نیروی انسانی فاقد تحصیلات دانشگاهی هر یک از بخش‌ها به عنوان متغیر نیروی کار ساده بکار گرفته می‌شود.

هزینه تحقیق و توسعه باعث کاهش هزینه‌ها، تقویت جابجایی عوامل تولید، ایجاد تنوع بیشتر در تولیدات، افزایش کیفیت تولیدات و رشد تولیدات می‌شود. افزایش نوآوری موجب بهبود فناوری تولید و افزایش تولید در سطح مشخصی از نهاده‌ها و رشد تولید می‌گردد (اثر مستقیم). افزایش توان تقلید تکنولوژیکی و تجارت با کشورهای مستقر در مرز فناوری موجب کاهش شکاف تکنولوژیکی و رشد بهره‌وری می‌گردد (اثر غیر مستقیم یا سرریز). لذا این متغیر به عنوان نهاد تولید، وارد مدل می‌گردد. همچون مطالعه مدا، پیگا و سیگل^۳ (۲۰۰۳)، و کو، هلپمن و هافمایستر^۴ (۱۹۹۷) که بر اثر مستقیم تحقیق و توسعه اشاره دارند، هزینه تحقیقات و آزمایشگاه به عنوان اثر مستقیم تحقیق و توسعه بکار گرفته شده است. مطالعه کمیجانی و شاه آبادی (۱۳۸۰)، کامرون، پرودمن و ردینگ^۵ (۲۰۰۵) و خان^۶ (۲۰۰۶) بر اثر غیر مستقیم تحقیق و توسعه اشاره نمودند، با

1- Barro
2- Miller and Upadhyay
3- Medda, Piga and Siegel
4- Coe, Helpman and Hoffmaister
5- Cameron, Proudman and Redding
6- Khan

توجه به اینکه هزینه تحقیق و توسعه هر سه بخش آهن و فولاد، مس و آلومینیوم در کشور ایران و کشور صادرکننده فناوری موجود نمی‌باشد، همچون مطالعه خان نسبت کل هزینه تحقیق و توسعه کشور صادرکننده فناوری به کل هزینه تحقیق و توسعه کشور ایران به عنوان اثر سرریز تحقیق و توسعه استفاده شده است. کشور صادرکننده فناوری در بخش آهن و فولاد، کشور ایتالیا، در بخش مس کشور سوئد و در بخش آلومینیوم کشور چین می‌باشد که اطلاعات تحقیق و توسعه کشورها بر حسب دلار امریکا (با نرخ P.P.P.) از طریق سازمان یونسکو بدست آمده است.

فناوری اطلاعات و ارتباطات موجب بهبود بازار اطلاعات و افزایش کارایی صنعتی شرکت‌ها و کاهش موانع و هزینه‌های تجارت و سرمایه‌گذاری شده و منجر به تعمیق سرمایه و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید می‌شود. در بخش مبانی نظری، نحوه اثرگذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد تبیین گردید. آمار و اطلاعات سرمایه‌گذاری در فناوری اطلاعات و ارتباطات در بخش‌های مورد مطالعه وجود ندارد. همچون مطالعه جهانگرد (۱۳۸۳) دو متغیر هزینه ارتباطات و مخابرات و سرمایه‌گذاری در نرم افزارهای کامپیوتری هر سه بخش تولید آهن و فولاد، مس و آلومینیوم برای ملاحظه تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد و بهره‌وری بکار گرفته شده است.

صادرات به دلیل مواجهه با محیط رقابتی‌تر بازرگانی بین‌المللی به دنبال بهره‌برداری بیشتر از مزیت‌ها و برتری‌های نسبی و صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس بوده و موجب افزایش بهره‌وری می‌گردد. از سوی دیگر از طریق اثرگذاری بر شیوه مدیریت و فناوری تولید، بر بخش غیرصادراتی نیز مؤثر بوده و موجب افزایش بهره‌وری کل عوامل تولید می‌گردد. در بخش مبانی نظری بر چگونگی تأثیرگذاری آن بر رشد و بهره‌وری کل عوامل تولید اشاره گردید. همانند مطالعه کمیجانی و صفوی (۱۳۸۵) و فدر (۱۹۸۲) میزان صادرات هر یک از بخش‌های مورد مطالعه برای متغیر صادرات در مدل بکار گرفته می‌شود.

نکته قابل ذکر آن است که بدلیل فقدان آمار و موجودی سرمایه برای بخش‌های مورد مطالعه، موجودی سرمایه برآورد گردید. برای برآورد موجودی سرمایه از تابع تولید استفاده می‌شود. در این روش تابع تولید، از طریق جایگزین کردن روابطی به جای موجودی سرمایه، برآورد می‌شود. سپس بر اساس بهترین تخمین بدست آمده از پارامترهای تابع تولید، موجودی سرمایه برآورد خواهد شد. از این روش برای برآورد موجودی سرمایه صدیقی و کردبچه (۱۳۶۰)، کوپاهی (۱۳۷۰)، هاک، لاهیری و مونتیل^۱ (۱۹۹۰) و جهانگرد (۱۳۸۳) استفاده نموده‌اند.

با توجه به ارائه آمارهای موجودی سرمایه و تولیدات صنعتی در سال ۱۳۵۰ توسط وزارت امور اقتصادی و دارائی به تفکیک گروه‌های نه گانه، نیازی به برآورد موجودی سرمایه ابتدای دوره نبوده و این مشکل با آمار مذکور مرتفع می‌شود. سپس ارقام مزبور با استفاده از شاخص قیمت تولیدکننده بانک مرکزی برای هر فعالیت صنعتی به قیمت ثابت ۱۳۷۶ تعدیل شده و با استفاده از رابطه زیر موجودی سرمایه در نرخ‌های استهلاک برای هر یک از فعالیت‌های نه گانه صنعتی برآورد می‌گردد.

$$K_t = (1 - \delta) K_{t-1} + I_t - \text{Damag}_t \quad (12)$$

که در آن Damag_t میزان خسارات ناشی از جنگ وارده بر موجودی سرمایه در سال t می‌باشد که براساس گزارشات رسمی سازمان مدیریت برنامه ریزی کشور می‌باشد. سپس به برآورد ارزش افزوده بالقوه صنایع مختلف با استفاده از روش تخمین بر حسب زمان و یا مجذور زمان پرداخته، بدنبال آن در هر یک از گروه‌های صنعتی نه گانه بهترین تخمین تابع تولید در دوره (۱۳۸۵-۱۳۵۰) در بین تخمین‌های متعدد انتخاب، که در هر یک از صنایع موجودی سرمایه و نرخ استهلاک مربوطه انتخاب می‌شود.

با توجه به اینکه موجودی اولیه سرمایه مربوط به سال ۱۳۵۰ می‌باشد، لذا موجودی سرمایه گروه‌های صنعتی (از جمله فلزات اساسی) از سال ۱۳۵۰ الی ۱۳۸۵ برآورد می‌گردد. تابع تولید مورد استفاده برای برآورد موجودی سرمایه در مطالعه کوپاهی، هاک، لاهیری و مونتیل و جهانگرد، تابع تولید کاب - داگلاس بوده است. در این مقاله نیز تابع تولید کاب - داگلاس با متغیرهای نیروی کار و سرمایه، برای برآورد موجودی سرمایه در دوره (۱۳۸۵-۱۳۵۰) بکار گرفته می‌شود. در این تابع L ، $VADD$ و K به ترتیب مبین نیروی کار، ارزش افزوده بالقوه و موجودی سرمایه با نرخ استهلاک $5/6$ درصد صنایع فلزات اساسی می‌باشند. اعداد داخل پرانتز مبین آماره t می‌باشند. که حاکی از معنی‌داری کلیه ضرایب به غیر از عرض از مبدأ می‌باشد.

$$\text{Log}(VADD) = 0.89 + 0.45 \text{Log}(L) + 0.64 \text{Log}(K) + 0.36 \text{AR}(1) \quad (13)$$

$$(1.2) \quad (3.8) \quad (9.1)$$

$$R^2 = 0.98, \quad \overline{R^2} = 0.97$$

با استفاده از معادله شماره (۱۲) و مشخص بودن میزان سرمایه‌گذاری، اقدام به برآورد موجودی سرمایه صنایع فلزات اساسی گردید. سپس با استفاده از حاصل ضرب شاخص نسبت سرمایه به تولید در صنعت فلزات اساسی در میزان تولید هر یک از فعالیت‌های زیر مجموعه (آهن و فولاد، مس و آلومینیوم) میزان سرمایه در هر یک از سال‌های (۱۳۸۵-۱۳۷۳) محاسبه شده است.

بنابراین علاوه بر نهاده‌های نیروی کار ساده، سرمایه فیزیکی، انرژی و مواد اولیه، متغیرهای سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، فناوری اطلاعات و ارتباطات و صادرات نیز در مدل وارد می‌گردند.

با توجه به تئوری‌های رشد و نتایج مطالعات و مدل‌های مورد استفاده کو، هلیپن، هافمایستر (۱۹۹۴)، کمیجانی و شاه‌آبادی (۱۳۸۰)، جهانگرد (۱۳۸۳) و کمیجانی و صفوی (۱۳۸۴) که مبتنی بر شکل عمومی تابع تولیدی کاب - داگلاس می‌باشند، در این مقاله نیز، این تابع در نظر گرفته می‌شود. این تابع به شکل زیر است:

$$VADD=f(L,KN,MA,E,H,RD,RDF,COM,CT,X) \quad (۱۴)$$

که در آن متغیر وابسته ارزش افزوده (VADD) می‌باشد و متغیرهای مستقل شامل نیروی انسانی فاقد تحصیلات دانشگاهی یا نیروی کار ساده (L)، نیروی انسانی دارای تحصیلات دانشگاهی یا سرمایه انسانی (H)، هزینه مواد اولیه (MA)، هزینه انرژی (E)، موجودی سرمایه (KN)، هزینه تحقیق و توسعه (RD)، نسبت هزینه تحقیق و توسعه کشور صاحب فناوری به هزینه تحقیق و توسعه ایران (RDF)، هزینه مخایرات و ارتباطات (CT)، هزینه سرمایه‌گذاری در نرم افزارهای کامپیوتری (COM) و صادرات (X) می‌باشند. از رابطه شماره (۱۴) لگاریتم طبیعی گرفته، که خواهیم داشت:

$$\ln VADD = a_0 + a_1 \ln L + a_2 \ln KN + a_3 \ln MA + a_4 \ln E + a_5 \ln H + a_6 \ln RD + a_7 \ln RDF + a_8 \ln COM + a_9 \ln CT + a_{10} \ln X \quad (۱۵)$$

اطلاعات تمامی متغیرها برای هر یک از سه بخش تولید محصولات اساسی آهن و فولاد، مس و آلومینیوم بوده و برای دوره (۱۳۸۵-۱۳۷۳) می‌باشد. بنابراین تعداد مقاطع، ۳ مقطع و دوره زمانی ۱۳ سال می‌باشد. از این رو داده‌های مدل به صورت Pooled Data می‌باشند.

متغیرهای مدل تحت آزمون ریشه واحد قرار گرفتند. آزمون دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) بکار گرفته شد، که فرض صفر آن وجود ریشه واحد می‌باشد. هیچیک از متغیرها در سطح اطمینان ۹۰٪ دارای ریشه واحد نبودند.

در ابتدا آماره آزمون F برای تعیین وجود (یا عدم وجود) عرض از مبدأ جداگانه برای هر یک از مقاطع محاسبه و فرض صفر آن یعنی وجود عرض از مبدأ مشترک مورد تأیید قرار گرفت. بدین معنی که عوامل تأثیرگذار غیر از نهاده‌های مصرح در تابع تولید در هر سه بخش به طور متفاوت بر تولید هر سه بخش تأثیر نمی‌گذارند. روش برآورد مدل، Pooled EGLS می‌باشد و نتایج برآورد شده به شرح جدول شماره (۱) می‌باشد:

جدول (۱): نتایج برآورد ضرایب مدل

متغیر	ضرایب	متغیر	ضرایب
عرض از مبدأ	-۰/۵۱۰۷۸۱ (-۲۵/۰۰۷۰)	سرمایه‌گذاری در نرم افزارهای کامپیوتری	۰/۰۰۰۱۹۵ (۱/۶۲۳۱۰۹)
نیروی کار ساده	۰/۰۰۰۲۹۲ (۲/۶۶۵۶۱۱)	هزینه ارتباطات و مخابرات	-۰/۰۰۲۹۱ (-۲/۸۵۰۶۶۱)
سرمایه انسانی	۰/۰۰۰۰۵۲۵ (۰/۰۴۷۰۹۶)	انرژی	۰/۰۰۰۱ (۳/۰۷۲۲۳۷)
سرمایه فیزیکی	۱/۰۰۰۰۰۱ (۱۸۵۷۰۱۴)	مواد اولیه	۰/۰۰۰۰۸۱۷ (۱/۲۳۶۶۰۶)
هزینه تحقیقات و آزمایشگاه	۰/۰۰۰۰۳۷۱ (۳/۱۷۴۳۷۸)	صادرات	۰/۰۰۰۰۲۳۱ (۲/۳۹۹۱۲۳)
اثر سرریز R&D	۰/۰۰۰۱۳۸ (۰/۴۲۴۳)		

ارقام داخل پرانتز مقادیر آماره t هستند و متغیرها به صورت لگاریتم طبیعی (ln) در نظر گرفته شده‌اند.

برای محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید از روش نرخ رشد حسابداری، از رابطه شماره (۱۵) نسبت به زمان مشتق گرفته و پس از تعدیلهای لازم، خواهیم داشت:

$$VADD = A + a_1 \dot{L} + a_2 \dot{KN} + a_3 \dot{MA} + a_4 \dot{E} + a_5 \dot{H} + a_6 \dot{RD} + a_7 \dot{RDF} + a_8 \dot{COM} + a_9 \dot{CT} + a_{10} \dot{X} \quad (16)$$

و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید برابر است با:

$$TFP = VADD - a_1 \dot{L} - a_2 \dot{KN} - a_3 \dot{MA} - a_4 \dot{E} - a_5 \dot{H} - a_6 \dot{RD} - a_7 \dot{RDF} - a_8 \dot{COM} - a_9 \dot{CT} - a_{10} \dot{X} \quad (17)$$

با استفاده از رابطه شماره (۱۷) و نتایج برآورد مدل (۱۵)، که در جدول شماره (۱) آمده است، نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید به شرح جدول ذیل می‌باشد:

جدول (۲): نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید

سال	صنعت	آهن و فولاد	مس	آلومینیوم
۱۳۷۴	-۱۱/۲۹	-۱۰/۶۳	-۶/۲۲	
۱۳۷۵	۲۲/۲۴	۱۳/۶۶	۱۵/۳۹	
۱۳۷۶	-۸/۲۶	-۱۰/۷۴	-۱۳/۸۷	
۱۳۷۷	-۴/۸۴	-۶/۶۲	-۴/۲۸	
۱۳۷۸	-۹/۸۳	-۱۲/۹	-۱۵/۵۳	
۱۳۷۹	۳۵/۸۲	۲۶/۵۴	۲۴/۳۲	
۱۳۸۰	-۱۰/۷۹	-۱۳/۴۹	-۱۴/۵۹	
۱۳۸۱	-۸/۷۵	-۶/۲۹	-۶/۵۹	
۱۳۸۲	-۷/۱۸	-۵/۰۲	-۴/۱۳	
۱۳۸۳	۷/۷۶	۷/۲۱	۸/۰۷	
۱۳۸۴	-۰/۵۱	-۰/۰۱	-۰/۵۴	
۱۳۸۵	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۴۸	

با مشاهده نتایج جدول شماره (۱) ملاحظه می‌گردد کشتش تولید نسبت به سرمایه فیزیکی بیشترین مقدار کشتش را نسبت به سایر عوامل تولید دارد که حاکی از سرمایه‌بر بودن صنایع مورد مطالعه می‌باشد. قدیمی و فرسوده بودن تجهیزات و ماشین آلات، پایین بودن ذخیره استهلاک به واسطه شرایط تورمی مانع از جایگزینی با تجهیزات مدرن شده است که موجب کاهش بهره‌وری کل عوامل تولید می‌گردد.

بعد از سرمایه فیزیکی، انرژی بیشترین مقدار کشتش تولید را دارد و مبین انرژی بری بخش‌های مورد مطالعه است. ارزانی انرژی (نسبت به قیمت‌های مرزی انرژی به واسطه پرداخت یارانه دولت بر آن) موجب اتلاف‌های وسیع در مصرف انرژی شده و اثر منفی بر روی بهره‌وری کل عوامل تولید گذاشته و بدلیل استفاده از حامل‌های انرژی متعدد از جمله برق، گاز، زغال سنگ، ... می‌توان بخش‌ها را به مصرف نوع خاصی از حامل‌های انرژی (همچون گاز) وادار نمود. شرکت ذوب آهن اصفهان، شرکت فولاد مبارکه و شرکت فولاد خوزستان به طور متوسط دارای پتانسیل صرفه‌جویی انرژی به ترتیب حدود ۳۹/۸، ۲۶/۹ و ۲۰ درصد هستند. همچنین کارخانجات تولید شمش آلومینیوم نیز سالانه قابلیت صرفه‌جویی انرژی معادل ۱/۵ میلیون معادل بشکه نفت خام را دارند (پالوج، ۱۳۸۳: ۱۱۶). (افزایش قیمت حامل‌های انرژی می‌تواند شرکتها را به استفاده کارا تر از انرژی وادار نماید).

عمده مواد اولیه مصرفی بخش‌ها سنگ آهن، زغال سنگ، سنگ معدن بوکسیت، پودر آلومینا و سنگ معدن مس می‌باشند که هیچ یک از آنها در عمل جانشین دیگری ندارند. لذا واحدهای مصرف‌کننده نمی‌توانند مقدار مصرف را متناسب با افزایش قیمت کاهش دهند. این امر موجب بروز اثرات منفی بر تولید و بهره‌وری کل عوامل تولید می‌گردد.

اثر مستقیم تحقیق و توسعه، هزینه تحقیقات و آزمایشگاه بنگاه‌ها، بر تولید معنی‌دار بوده ولی اثر سرریز تحقیق و توسعه (اثر غیرمستقیم) بی‌معنی است. بنابراین گسترش هزینه تحقیق و توسعه بنگاه‌ها موجب کاهش هزینه‌های تولید، جابجایی عوامل تولید و رشد ظرفیت تولید گردیده و از این طریق موجب افزایش تولید و در نهایت رشد آن موجب رشد بهره‌وری کل عوامل تولید می‌گردد. بر اساس اطلاعات دریافتی از سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران، فناوری تولید آهن و فولاد از کشور ایتالیا، فناوری تولید مس از کشور سوئد و فناوری تولید آلومینیوم از کشور چین وارد شده است. در حالی که در این بخش‌ها، کشورهای صاحب فناوری، آلمان و آمریکا می‌باشند که بدلیل تحریم آمریکا و مسائل سیاسی، امکان ورود فناوری از این کشورها فراهم نشده است و لذا اثر سرریز تحقیق و توسعه بی‌معنی می‌باشد. بدلیل روابط بهتر ایران با ایتالیا و تأمین منابع مالی از بانک‌های ایتالیا برای احداث کارخانجات فولادی، تکنولوژی آهن و فولاد از ایتالیا وارد شده است. در صورتی که فناوری آلمان در صنعت فولاد پیشرفته‌تر می‌باشد.

از سوی دیگر عدم وجود رقابت در بازارهای داخل کشور و همچنین فقدان سهم قابل توجه در بازارهای جهانی، سیاست‌گزاران و فعالان این سه بخش را وادار به ورود فناوری مدرن نمی‌نماید. لازم به ذکر است که علاوه بر فراهم کردن زمینه جذب و انتقال فناوری، زمینه لازم برای رشد فناوری جذب شده نیز باید فراهم گردد. ایجاد فضای رقابتی در کشور، بنگاه‌ها را مجبور به افزایش کیفیت محصول، نوآوری و رشد فناوری جذب شده می‌نماید.

سرمایه انسانی توان تولید را افزایش داده و انتقال و کاربرد فناوری جدید را محقق می‌سازد. کسب تولید نسبت به سرمایه انسانی بسیار کوچک و بی‌معنی می‌باشد و از این رو اثر آن بر بهره‌وری کل عوامل تولید نیز کوچک و بی‌معنی می‌باشد. علت این امر حاکی از دوری کارگران از آموزش‌های لازم و ناهماهنگی نیروی انسانی و دانش فنی جهت استفاده از سرمایه فیزیکی بوده و بیانگر آن است که آموزش رسمی منجر به تأثیر اساسی در فرایندهای تولید و تغییر ساختار مهارت و اشتغال نیروی کار نشده است. این مسئله ساماندهی مجدد فرایند تولید را دشوار می‌نماید. لذا آموزش‌ها می‌باید متناسب با سطوح مختلف کارکنان از قبیل کارگری، فنی و مهندسی، مدیریتی و ابداع‌کنندگان تنظیم و ارائه گردد.

بخش صادرات به دلیل مواجهه با محیط رقابتی تر بازرگانی بین‌المللی به دنبال بهره‌برداری بیشتر از مزیت‌های نسبی است. با توجه به سیاست تنظیم بازار دولت، قیمت‌گذاری این محصولات توسط دولت و اولویت تأمین نیاز بازار داخلی، کسب تولید نسبت به صادرات دارای علامت مثبت و معنی‌دار ولی کوچک است. از سوی دیگر مشکلاتی همچون عدم دسترسی به بیمه‌های صادراتی، تأخیرهای طولانی و تشریفات مربوط به اعاده حقوق و عوارض گمرکی مواد اولیه وارداتی جهت تولید محصولات صادراتی، وجود تقاضای فراوان داخلی و عدم وجود رقابت جهت تأمین نیاز داخلی، انگیزه‌ای را برای صادرات بوجود نمی‌آورد.

فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث می‌شود که در همان سطح از عوامل تولید، محصولات بیشتر و با کیفیت‌تری بدست آید. نتایج حاصله حاکی از سهم ناچیز فناوری اطلاعات و ارتباطات در تولید می‌باشد. یکی از شاخص‌های بکار گرفته شده برای فناوری اطلاعات و ارتباطات، هزینه ارتباطات و مخابرات است که دارای کسب منفی است که مورد انتظار نمی‌باشد. شاخص دیگر برای فناوری اطلاعات و ارتباطات، سرمایه‌گذاری در نرم افزارهای کامپیوتری می‌باشد که کسب مثبت و کوچک و معنی‌دار در سطح اطمینان ۸۸٪/۱ موید این مطلب می‌باشند. مسئله گویای این واقعیت است که علاوه بر ساختار سرمایه‌بری این صنایع، انگیزه‌های بازار، کفایت لازم را برای رشد و توسعه عوامل مبتنی بر دانش در تولید ندارند. بنابراین زمینه لازم برای درونزا نمودن فناوری‌های وارداتی فراهم نشده و بیشترین نقش از آن عوامل تولید سنتی می‌باشد. عدم وجود رقابت در بازار داخلی و نداشتن سهم قابل

توجه در بازار جهانی، انگیزه‌ای برای سرمایه‌گذاری در فناوری اطلاعات و ارتباطات باقی نمی‌گذارد. با تکنولوژی فرسوده و قدیمی تولید نیز نیازی به تطابق با فناوری‌های جدید از جمله سرمایه‌گذاری در نرم افزارهای کامپیوتری در این صنایع احساس نمی‌گردد. تاثیر مثبت فناوری اطلاعات و ارتباطات با همراهی عوامل مکملی همانند سازماندهی مدیریتی، اصلاح ساختار اقتصادی و سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی در کنار سایر نهاده‌ها موجب بهبود فرایند تولید از طریق تعمیق سرمایه، پیشرفت فناوری و کیفیت نیروی کار شده و در نهایت رشد بهره‌وری و رشد اقتصادی را به ارمغان می‌آورد.

مشاهده نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در هر سه بخش در دوره مورد مطالعه حاکی از وجود روند مشابه است. در چهار سال ۷۵، ۷۹، ۸۳ و ۸۵ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید مثبت و در بقیه سال‌ها منفی می‌باشد.

در سال ۷۴ نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در هر سه بخش منفی بوده و حاکی از وجود ظرفیت بیکار تولید می‌باشد. نرخ بهره‌برداری از ظرفیت تولید در صنعت آهن و فولاد ۷۶٪ و در صنعت مس ۶۰٪ بوده است. در سال ۷۵ نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید مثبت می‌گردد و میزان تولیدات رشد پیدا می‌کند به گونه‌ای که رشد تولید صنعت فولاد کشور حدود ۳۰٪ می‌باشد. از دیگر علل می‌توان به افتتاح مجتمع فولاد مبارکه در سال ۱۳۷۲ و جذب کامل کلیه نهاده‌های تولید و به ظرفیت رسیدن آن در سال ۷۵ اشاره نمود. از سوی دیگر از اواخر سال ۱۳۷۴ به دنبال رکود حاکم بر بازار بورس، تثبیت نسبی قیمت طلا و ارز، سرمایه‌گذاری در بخش مسکن در سال ۱۳۷۵ رشد یافت و موجب رونق تولید محصولات مورد مطالعه به عنوان مواد اولیه بخش مسکن گردید.

از سال ۷۶ تا ۷۸ ستاد پشتیبانی تنظیم بازار احیاء گردید و قیمت محصولات از اواخر سال ۷۵ لغایت اسفند ۷۸ تثبیت گردید و همزمان با افزایش هزینه‌های تولید و زیان بخش تولید، حاشیه سودی را نصیب تجار گردانید. از طرفی در سال ۷۷ رکود حاکم بر اقتصاد کشور، بر بازار مسکن نیز حاکم گردید و این رکود به این بخش‌ها نیز تسری یافت.

در سال ۷۹ به دنبال خروج از سیستم قیمت‌گذاری تثبیتی محصولات از اسفند ۷۸ و تعیین قیمت در حاشیه بازار، نرخ بهره‌برداری از ظرفیت‌های تولید بهبود یافت و نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در هر سه بخش مثبت گردید.

در سال‌های ۸۰ و ۸۱ نرخ بهره‌برداری از ظرفیت‌ها روند کاهشی به خود گرفته‌اند. بدنبال رکود حاکم بر بازارهای جهانی پس از حوادث ۱۱ سپتامبر (۲۰۰۱) و رقابت شدید تولیدکنندگان جهانی برای دستیابی به بازارهای موجود، محصولات این بخش‌ها با قیمتی کمتر از قیمت داخلی وارد کشور گردید تولیدکنندگان داخلی با مشکل فروش محصول خود مواجه شده و نرخ بهره‌برداری از ظرفیت‌ها را کاهش داد.

در سال ۸۲ ارزش افزوده بخش ساختمان به دنبال ناپایداری قوانین حاکم بر عرضه زمین و مقررات ساخت و ساز کاهش یافت و سرمایه‌گذاری در بخش مسکن کاهش یافت و این رکود به بخش‌های مورد مطالعه نیز انتقال یافت. در شهریور ۸۲ بورس فلزات افتتاح و موجب آزاد شدن نسبی قیمت‌ها و رواج معامله سلف و نگرش به این معامله به عنوان ابزار تأمین مالی موجب رونق بخش‌ها گردید و منجر به افزایش نرخ بهره‌برداری از ظرفیت‌های تولید، رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در سال ۸۳ گردید. در سال ۸۴ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در حد کمتر از منفی یک درصد به وقوع پیوست که می‌توان به تغییر دولت و نااطمینانی از سیاست‌های دولت اشاره نمود. ضمن اینکه نرخ بهره‌برداری از ظرفیت تولید صنعت فولاد کاهش یافته بود. در سال ۸۵ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در هر سه بخش به میزان کمتر از یک درصد رشد یافت. در این سال بخش مسکن از رونق برخوردار گردید و نرخ بهره‌برداری از ظرفیت‌های تولید افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر اثرات تحقیق و توسعه، سرمایه انسانی و فناوری اطلاعات و ارتباطات را بر ارزش افزوده و همچنین بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش‌های تولید محصولات آهن و فولاد، مس و آلومینیوم ایران در دوره (۱۳۸۵-۱۳۷۳) مورد بررسی قرار داده است. از برآورد مدل و محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید ملاحظه شد که تولید بیشتر وابسته به نهاده‌های سنتی تولید (سرمایه فیزیکی، انرژی، نیروی کار ساده و مواد اولیه) می‌باشد و سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، فناوری اطلاعات و ارتباطات، و صادرات اثر ناچیزی بر تولید بخش‌های مورد مطالعه دارند. علت آن سرمایه‌بری و انرژی بری تولید این محصولات می‌باشد. برای اثربخشی نهاده‌های اخیر بر تولید و بهره‌وری کل عوامل تولید بخش‌های مطالعه لازم است فضای رقابتی به تدریج در کشور فراهم شده و برای افزایش کیفیت و میزان تولید، فعالیت‌های تحقیق و توسعه گسترش یافته و برای کاهش قیمت تمام شده، ضمن بهره‌برداری لازم از صرفه‌های مقیاس تولید، از فناوری اطلاعات و ارتباطات در فرایند تولید استفاده نموده که این امر مستلزم بکارگیری نیروی کار دارای تحصیلات دانشگاهی (سرمایه انسانی) است. فناوری تولید نیز از کشورهای صاحب فناوری وارد کشور شده و دولت دخالتی در قیمت محصولات ننماید. برای آنکه اثر سرریز تحقیق و توسعه معنی‌دار شود، فناوری تولید می‌باید از کشورهای صاحب فناوری وارد شود تا بر روی رشد تولید و بهره‌وری کل عوامل تولید تأثیر مثبت داشته باشد. از سوی دیگر به واسطه سرمایه‌بری بخش‌های مورد مطالعه، توصیه می‌شود تأسیس واحدهای جدید با همکاری سرمایه‌گذاران خارجی صورت گیرد، ضمن آنکه برنامه‌ریزی جهت بهبود کیفیت نیروی کار انجام پذیرد.

منابع

الف - فارسی

۱. برانسون، ویلیام اچ، *تنوری و سیاست‌های اقتصاد کلان*، عباس شاکری، جلد دوم، تهران، نشر نی، چاپ اول، ۱۳۷۳.
۲. پالوج، قاسم، برآورد کشتش جانشینی نهاده‌های تولید در صنایع فلزات اساسی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ۱۳۸۳.
۳. جهانگرد، اسفندیار، ارزیابی آثار فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره‌وری صنایع کارخانه‌ای و رشد اقتصادی ایران، رساله دکتری رشته اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ۱۳۸۳.
۴. طاهری، عبدا...، ساختار مزد در صنایع ایران و ارتباط آن با بهره‌وری نیروی کار، رساله دکتری رشته اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ۱۳۸۲.
۵. کمیجانی، اکبر و ابوالفضل شاه آبادی، بررسی اثر فعالیت‌های تحقیق و توسعه داخلی و خارجی (از طریق تجارت خارجی) بر بهره‌وری کل عوامل تولید، پژوهشنامه بازرگانی، ۱۳۸۰، شماره ۱۸.
۶. کمیجانی، اکبر و بیژن صفوی، بررسی اثر توسعه صادرات بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید استان‌های تهران، اصفهان، آذربایجان شرقی و خراسان، مجله نامه اقتصادی مفید، ۱۳۸۵، شماره ۱.
۷. مرکز آمار ایران، آمار کارگاه‌های بزرگ صنعتی بالای ۵۰ نفر کارکن، تهران، مرکز آمار ایران، سال‌های مختلف.
۸. مقدم تبریزی، ناهید و پروین ولیزاده زوز، بررسی بهره‌وری در اقتصاد ایران، روند، ۱۳۸۵، شماره ۴۹.

ب - لاتین

9. Adeola, F. Adenikinju & Olumuyiwa, B. Alaba, "Energy Use & Productivity Performance in Nigerian Manufacturing Sector (1970-90)", OPEC Review, Vol.23, No. 3, 1999.
10. Barro, J. Robert, "Economic growth in a cross section of countries" Quarterly Journal of Economics, Vol. 106, Issue 2, 1991.
11. Becchetti, Leonard, David Andres Londono Bedoya and Luigi Paganetto, **ICT investment, productivity and efficiency: evidence at firm level using a stochastic frontier approach**, CEIS Tor Vergata, No. 29, 2003.
12. Cameron, Gavin, James Proudman and Stephen Redding, **Technological convergence, R&D, trade, and productivity growth**, European Economic Review, No 49, 2005.
13. Coe, David T., Elhanan Helpman and Alexander W. Hoffmaister, **North-South R&D spillovers**, IMF Working Paper, 1994, WP/94/144.
14. Feder, Gershon, **On exports and economic growth**, Journal of Development Economics, No 12, 1982.
15. Gholami, Roghieh, Sang-Yang, Tom Lee and Almas Heshmati, **The causal relationship between information and communication technology (ICT) and Foreign direct investment (FDI)**, Paris, 11th European conference on information systems, 2003, ECIS 2003.
16. Jones, I.C., **Introduction to Economic Growth**, New York, w.w. Norton, First Edition, 1998.
17. Khan, Tehmina, S., **Productivity growth, technological convergence, R&D, trade, and labor markets: evidence from the French manufacturing sector**, IMF Working Paper, 2006, WP/06/230.
18. Lee, Il hong and yougesh Khatri, **Information Technology and productivity growth in Asia**, IMF Working Paper, 2003, WP/03/15.
19. Medda, Giuseppe, Claudio Piga and Donald S. Siegel, **On the relationship between R&D and productivity: A treatment effect analysis**, Rensselaer Working Papers in Economics, Number 0307, 2003.
20. Miller, Stephen, M. and Mukti P. Upadhyay, **The effects of trade orientation and human capital on total factor productivity**, Department of Economics Working paper Series, University of Connecticut, 1997, 1997-07.
21. Romer, Paul M. **Increasing returns and long-run growth**, Journal of Political Economy, No. 94, 1986.
22. Stiroh, Kevin J., **What drives productivity growth?**, Economic Policy Review, 2001, 7 March.