

تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر تولید و بهره‌وری کل عوامل بنگاه‌های صنعتی

دکتر یداله رجایی^۱

چکیده

این مقاله با استفاده از تحلیل داده‌های تابلویی به بررسی تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات^۲ (فاوا) بر تولید و بهره‌وری کل عوامل تولید پرداخته است. به این منظور تحلیل با استفاده از اطلاعات آمارگیری کارگاه‌های صنعتی مرکز آمار ایران با بکارگیری مدل داده‌های تابلویی در سطح بنگاه و بر اساس آخرین اطلاعات منتشر شده (سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶) انجام شده است. این مطالعه با دو رویکرد انجام شده است. در رویکرد اول به بررسی تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر تولید از طریق برآورد تابع گسترش یافته کاب داگلاس با در نظر گرفتن اندازه بنگاه و نوع صنعت با استفاده از ۶ شاخص اندازه‌گیری بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات در صنایع ایران در سطح بنگاه پرداخته و در رویکرد دوم با برآورد تابع تولید گسترش یافته کاب داگلاس برای دو گروه بنگاه‌ها، شامل بنگاه‌هایی که از رایانه در انجام فعالیت‌های بنگاه استفاده می‌کنند و بنگاه‌هایی که استفاده نمی‌کنند برآورد و مقادیر بهره‌وری کل عوامل تولید مقایسه شده است. بدین ترتیب، در رویکرد اول اثر فاوا بر تولید و در رویکرد دوم اثر آن بر بهره‌وری کل عوامل^۳ (TFP) بررسی شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که اکثر شاخص‌های ICT اثر مثبت فناوری اطلاعات و ارتباطات بر تولید در سطح بنگاه را تأیید می‌کنند. همچنین نتایج رویکرد دوم دال بر اثر انکار ناپذیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره‌وری کل عوامل تولید است.

واژه‌های کلیدی:

حسابداری رشد، داده‌های تابلویی، صنعت، فناوری اطلاعات و ارتباطات، بهره‌وری کل عوامل تولید

^۱ - عضو هیات علمی (استادیار) دانشگاه آزاد اسلامی، گروه اقتصاد، واحد ابهر، ایران

^۲ - Information and Communication Technology

^۳ - Total Factor Productivity

مقدمه

بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات همانند به کارگیری تکنولوژی های نوین تمامی بخش های اقتصادی را متاثر می نماید. فناوری اطلاعات و ارتباطات نه تنها مانند اشکال سنتی دیگر سرمایه به عنوان تکنولوژی تولید استفاده می شود بلکه از طریق جایگزینی با سایر نهاده ها منجر به رشد تولید و افزایش بهره وری عوامل تولید می شود.

فناوری اطلاعات و ارتباطات از جهاتی همانند دانش است به عبارتی ویژگی های غیررقابتی و گسترش نامحدود را دارد.

تاثیر فناوری بر رشد به سه دسته تقسیم می شود، تاثیر فناوری در قالب کالاهای سرمایه ای تجسم یافته، که نتیجه آن افزایش بهره وری سرمایه بوده است. در حالت دوم، فناوری بهره وری نیروی کار را افزایش می دهد، در حالت سوم فناوری بهره وری کل و نه لزوما بهره وری کار یا سرمایه را افزایش می دهد که به عنوان فناوری خنثی هیکس تعبیر می شود.

از اواخر دهه ۸۰ و اوایل دهه ۹۰ رشد برخی کشورهای در حال توسعه همزمان با رشد فناوری اطلاعات و ارتباطات به شدت افزایش یافت. در رابطه با تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره وری، نتایج متفاوتی در صنایع مختلف (مثبت یا منفی) به دست آمده است. اما مطالعاتی که به بررسی تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات در سطح بنگاه پرداخته اند نشان دهنده تاثیر مثبت فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره وری می باشند و نشان داده اند فناوری اطلاعات و ارتباطات بازدهی بیشتری در مقایسه با سایر انواع سرمایه ها دارد.

اهمیت بررسی نحوه تاثیر گذاری به کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات در تضاد تاثیر فناوری اطلاعات بر عملکرد بنگاه های صنعتی خلاصه می شود. زیرا با وجود سرمایه گذاری عظیم و حجیمی که به منظور توسعه کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات در حال انجام است، بسیاری محققین تاکنون در مورد بازده اینگونه سرمایه گذاری ها براساس عملکرد بنگاه ها به توافق کلی نرسیده اند (Dedrick, Gurbaxani and kraemer, 2003).

به عقیده برخی صاحب نظران فناوری جدید موجب سردرگمی شده و هرگز موجب رشد بهره وری و بهبود عملکرد نمی شود و حجم داده هایی که این فناوری بر افراد تحمیل می نماید، اغلب باعث کاهش بهره وری نیروی انسانی در محیط کار می شود (Zachry, G. P. 1991).

مطالعات انجام شده در این خصوص بر اساس روش شناسی به سه دسته کلی

تقسیم می‌شوند:

- مطالعات با روش شناسی حسابداری رشد
- مطالعات با روش شناسی تئوری های رشد
- مطالعات با روش شناسی استفاده از سطح تولید پایدار

با روش شناسی حسابداری رشد مطالعات زیادی در کشورهای توسعه یافته و کمتر توسعه یافته انجام شده است. در این روش با استفاده از تابع تولید گسترش یافته سولو که در آن تولید تابعی از سرمایه فیزیکی، معیار فناوری اطلاعات و ارتباطات، نیروی کار و تکنولوژی است، بهره‌وری عوامل تولید محاسبه و بررسی می‌شود.

در روش شناسی تئوری های رشد، رشد به عوامل تولید نسبت داده نمی‌شود بلکه عوامل موثر بر رشد اقتصادی تبیین می‌شود. در واقع علاوه بر عوامل اصلی تولید، سایر عوامل موثر بر رشد نیز ارزیابی می‌شوند.

بهره‌وری کل عوامل تولید نشان دهنده افزایش در رشد تولید ناشی از عواملی غیر از رشد نیروی کار و رشد موجودی سرمایه است، عواملی چون افزایش در سطح مهارت، تخصص و تحصیلات نیروی کار، اصلاح سازمانی و به کارگیری تکنیک های مدیریتی، تکنولوژی و ابداعات جدید و به عبارتی ارتقای سطح تکنولوژی موجود و فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات. به عبارتی رشد بهره‌وری عوامل تولید رشد تولیدی است که توسط رشد داده‌ها توضیح داده نمی‌شود.

مطالعات پیشین با استفاده از روش های گوناگون در به کارگیری متغیرها و برآورد مدل به بررسی تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر ابعاد مختلف اقتصاد خصوصا بخش صنعت پرداخته‌اند.

مثال هایی از روش های متفاوت به صورت زیر است:

** تحلیل بهره‌وری کل عوامل و یا بهره‌وری نیروی کار با استفاده از موجودی سرمایه فناوری اطلاعات در سطح بنگاه به صورت نهاده سرمایه ای مجزا همچون مطالعاتی که توسط بریجفسون و هیت در سال ۲۰۰۱ و هلپمن در سال ۲۰۰۲ انجام شده است (Brynjolfsson and Hitt, 2001; Hempell, 2002).

** استفاده از سرمایه فناوری اطلاعات در کنار سایر معیارهای اندازه گیری استفاده از فناوری اطلاعات مانند استفاده از اینترنت یا تعداد کارکنانی که از فناوری اطلاعات و ارتباطات استفاده می کنند مانند مطالعه مالیرانتا و راولین در سال ۲۰۰۳ آنها با بکارگیری داده های تابلویی بخش های صنعت و خدمات، برای ۳ سال (۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰) و برای هر بخش ۱۵۰۰ بنگاه و با در نظر گرفتن بخش تولید فناوری اطلاعات و ارتباطات به صورت مجزا با استفاده از سهم کارکنان مجهز به کامپیوتر، سهم کارکنان استفاده کننده از اینترنت، سهم کارکنان استفاده کننده از LAN در محل کار به عنوان تقریب در اندازه گیری فناوری اطلاعات و ارتباطات همچنین ترکیب مهارت و سن بنگاه به عنوان متغیرهای کنترل از طریق تابع تولید کاب داکلاس با دو عامل نیروی کار و سرمایه به بررسی تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره وری نیروی کار در بخش صنعت و خدمات فنلاند پرداختند. آنها دریافتند ۱۰ درصد افزایش در کارکنان مجهز به کامپیوتر باعث افزایش ۱/۸ درصد در بهره وری نیروی کار در صنعت و ۲/۸ درصد در بخش خدمات می شود و ۱۰ درصد افزایش در نسبت استفاده کننده گان از LAN باعث ۲/۱ درصد افزایش در بهره وری نیروی کار در بخش صنعت می شود (Maliranta and Rouvinen, 2003). همچنین دریافتند این اثر در بخش خدمات معنی دار نمی باشد. در مطالعه ای که در سال ۲۰۰۶ با استفاده از اطلاعات ۲۳۵۸ بنگاه صنعتی و خدماتی فنلاند برای سال ۲۰۰۱ با تغییر اندکی در متغیرهای مورد استفاده به عنوان تقریب فناوری اطلاعات و ارتباطات و مقایسه تجهیزات پیشرفته تر، همچنین افزودن مشارکت جنسی به متغیرهای کنترل نشان دادند در صورت سهم بالای نیروی کار بهره مند از کامپیوتر (رومیزی) بهره وری نیروی کار به میزان ۹ درصد افزایش می یابد و در صورت افزایش نیروی کار بهره مند از لپ تاپ بهره وری نیروی کار ۳۲ درصد افزایش می یابد.

** استفاده از موجودی سرمایه فناوری اطلاعات و ارتباطات به همراه معیارهای تغییرات و یا ابداعات سازمانی مانند مطالعات ون لیون و وان درویل در سال ۲۰۰۳ و بریجفسون و هیت در سال ۲۰۰۳ بریجفسون و هیت در مطالعه خود با استفاده از داده های تابلویی صنایع آمریکا برای ۸ سال بین سالهای ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۴، برای ۵۲۷ صنعت بزرگ درمی یابند که بهره وری کل عوامل در طول زمان برای وقفه یک ساله در

سرمایه گذاری در سرمایه کامپیوتر، $1/9$ درصد افزایش و برای ۷ سال سرمایه گذاری، $5/3$ درصد افزایش یافته است.

** به کارگیری معیارهای استفاده از شبکه های رایانه‌ای (معیارهای رفتاری) به عنوان تعیین کننده مضاعف بهره‌وری نیروی کار و بهره‌وری کل عوامل تولید، مانند مطالعه آتروستیک و ناین در سال ۲۰۰۲ اتروستیک و ناین با استفاده از داده‌های تابلویی صنایع آمریکا برای سال‌های ۱۹۹۲، ۱۹۹۷ و ۱۹۹۹ برای ۳۸۰۰۰ بنگاه صنعتی با در نظر گرفتن فروش سرانه به عنوان متغیر وابسته از طریق تابع تولید کاب-داگلاس با سه عامل نیروی کار، سرمایه و مواد اولیه و متغیرهای کنترل اندازه بنگاه براساس تعداد کارکن و ترکیب مهارت، به این نتیجه رسیدند که وجود شبکه‌های رایانه‌ای به میزان ۵ درصد موثر بر فروش سرانه بنگاه‌ها بوده است. متغیر مورد استفاده در این مطالعه به عنوان تقریبی از فناوری اطلاعات و ارتباطات متغیر مجازی برای وجود شبکه‌های رایانه‌ای مثل اینترنت، اینترانت، LAN و غیره می‌باشد. همچنین در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۵ با استفاده از داده‌های صنایع آمریکا و با افزودن متغیر مجازی سرمایه کامپیوتر، به این نتیجه رسیدند که وجود شبکه‌های رایانه‌ای به اندازه ۵ درصد و سرمایه رایانه ۱۳ درصد موثر بر فروش سرانه می‌باشد.

** هاگن و زید در سال ۲۰۰۵ با استفاده از اطلاعات ۲۷۵۲ بنگاه دارای ۱۰ نفر و بیشتر کارکن در بخش صنعت و خدمات سودان با به کارگیری تابع تولید کاب-داگلاس با دو عامل نیروی کار و سرمایه به بررسی اثر نسبت کارکنان دارای کامپیوتر، متغیر مجازی برای دسترسی به پهنای باند، به عنوان تقریبی از فناوری اطلاعات و ارتباطات پرداختند. متغیرهای کنترل مورد استفاده در مطالعه آنها اندازه بنگاه براساس تعداد کارکنان، ترکیب مهارت و نوع مالکیت می‌باشد. آنها دریافتند در بخش صنعت ۱۰ درصد افزایش در مجهز بودن نیروی کار به کامپیوتر باعث $1/3$ درصد افزایش در بهره‌وری نیروی کار و افزایش پهنای باند باعث افزایش $3/6$ درصد بهره‌وری نیروی کار می‌شود. همچنین مشاهده کردند فناوری اطلاعات تأثیری بر بهره‌وری نیروی کار در بخش خدمات نداشته است. آنها نشان دادند راه حل‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات اثر مثبت و کاهشی بر رشد بهره‌وری نیروی کار خواهد داشت.

در مطالعه‌ای که توسط جرگنسون، هو و استیرو در سال ۲۰۰۶ انجام پذیرفته است نشان داده شده است که ۳۷ درصد از رشد اقتصادی آمریکا بین سال‌های ۱۹۹۵ تا

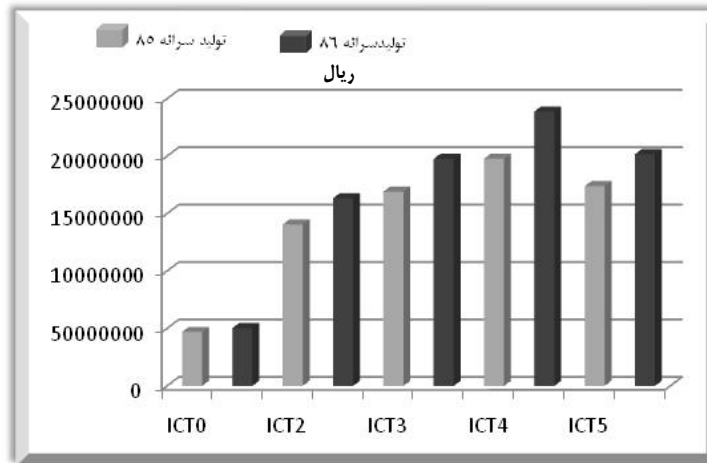
۲۰۰۳ ناشی از فناوری اطلاعات و ارتباطات بوده است. همچنین در مطالعه جرجسون و موتوهای که در سال ۲۰۰۵ به بررسی منابع رشد اقتصادی در ژاپن و آمریکا در بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۳ با تاکید بر فناوری اطلاعات و ارتباطات پرداختند، نشان دادند که بعد از سال ۱۹۹۵ سهم فناوری اطلاعات و ارتباطات در رشد و بهره‌وری کل افزایش یافته است.

در جدول و نمودار (۱) تولید سرانه بنگاه‌های صنعتی ایران برای سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ باتوجه به معیارهای نام برده شده زیر به عنوان شاخص‌های بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات ارائه شده است:

- استفاده بنگاه از رایانه (ICT0)
- استفاده بنگاه از رایانه برای انجام فعالیت‌های بنگاه (ICT1)
- استفاده بنگاه از شبکه‌های رایانه‌ای (ICT2)
- استفاده بنگاه از شبکه‌های رایانه‌ای برای ارائه اطلاعات (ICT3)
- استفاده بنگاه از شبکه‌های رایانه‌ای برای کسب اطلاعات (ICT4)

جدول ۱- متوسط تولید سرانه به تفکیک ویژگی‌های بنگاه‌ها در بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات

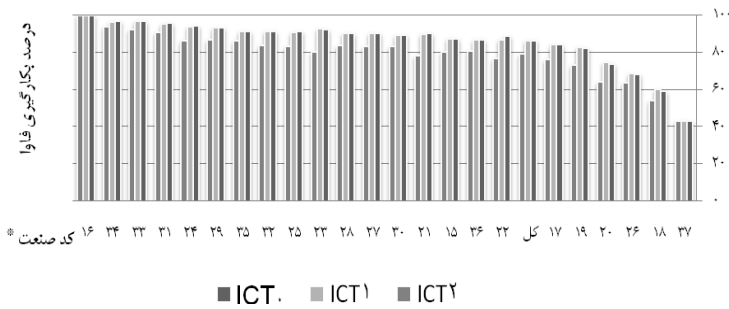
تولید سرانه (ریال)	سال	ویژگی بنگاه
۴۷۰۰۵۷۴۰	۸۵	عدم استفاده از رایانه (ICT0)
۵۰۳۱۷۰۷۶	۸۶	
۱۴۰۵۳۸۶۲۷	۸۵	استفاده از رایانه برای انجام فعالیت‌های بنگاه (ICT1)
۱۶۳۳۷۲۵۷۴	۸۶	
۱۶۹۱۳۷۱۱۶	۸۵	استفاده از شبکه‌های رایانه‌ای (ICT2)
۱۹۷۶۸۴۸۱۰	۸۶	
۱۷۳۹۱۰۴۶۳	۸۵	استفاده از شبکه‌های رایانه‌ای برای ارائه اطلاعات (ICT3)
۲۰۱۷۴۸۹۳۸	۸۶	
۱۹۷۷۸۰۷۰۸	۸۵	استفاده از شبکه‌های رایانه‌ای برای کسب اطلاعات (ICT4)
۲۳۸۸۸۹۸۲۶	۸۶	



نمودار ۱: متوسط تولید سرانه براساس به کارگیری فناوری اطلاعات ارتباطات

بنگاه‌هایی که از شبکه‌های رایانه‌ای استفاده می‌کنند بیشترین و بنگاه‌هایی که از رایانه استفاده نمی‌کنند کمترین تولید را در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ به خود اختصاص داده‌اند.

در نمودار (۲)، بیشترین تولید سرانه در مقابل استفاده از رایانه و شبکه‌های رایانه‌ای به تفکیک صنایع نشان داده شده است. همانگونه که در نمودار نیز مشاهده می‌شود، بیشترین به کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات به ترتیب در صنایع تولید محصولات از توتون و تنباکو و سیگار، تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر و ...، تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و ... و تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق و ... بوده و کمترین به کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات به ترتیب در صنایع بازیافت، تولید پوشاک، عمل‌آوردن و رنگ کردن، تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی و تولید چوب و محصولات چوبی و ... می‌باشد.



نمودار ۲: به کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات به تفکیک نوع صنعت

* توضیح اینکه عناوین صنایع مربوط به هر یک از کدهای دو رقمی در جدول (۳)، صفحه ۹، ارائه شده است.

در جدول (۲)، درصد بکارگیری فاوا با توجه به اندازه بنگاه ارائه شده است و نشان می‌دهد، شدت بکارگیری فاوا در بنگاه‌های بزرگ بیشتر است. به عنوان مثال در سال ۸۵، ۹۹/۰۵ درصد بنگاه‌های دارای ۱۰۱ تا ۲۵۰ نفر کارکن، برای انجام فعالیت‌های خود از رایانه استفاده کرده‌اند و این درحالیست که در آن سال تنها ۷۸/۲۱ درصد از بنگاه‌های دارای ۱ تا ۵۰ نفر کارکن در انجام فعالیت‌های خود از رایانه استفاده نموده‌اند. به عبارتی اندازه بنگاه موثر بر به کارگیری فاوا در انجام فعالیت‌های بنگاه می‌باشد. با وجود اینکه اثرپذیری تولید از فناوری اطلاعات و ارتباطات کاملاً مشهود است، تفاوت‌های موجود در ویژگی‌های بنگاه از جمله اندازه، نوع صنعت و یا سرمایه بنگاه باعث ایجاد تفاوت در نحوه تاثیرگذاری خواهد شد. به منظور بررسی نحوه اثرگذاری با توجه به سایر متغیرها از روش شناسی اقتصادسنجی و با استفاده از رگرسیون، تحلیل و بررسی شده است.

جدول ۲: درصد بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات با توجه به اندازه بنگاه
(تعیین شده توسط تعداد کارکنان)

سال	تعداد کارکنان	(ICT0)	(ICT1)	(ICT2)
۸۵	۱ تا ۵۰ نفر	78.32	78.21	70.09
	۵۱ تا ۱۰۰ نفر	95.37	95.31	88.44
	۱۰۱ تا ۲۵۰ نفر	99.15	99.05	94.51
	بیش از ۲۵۰ نفر	99.06	99.06	95.93
۸۶	۱ تا ۵۰ نفر	80.38	80.38	73.36
	۵۱ تا ۱۰۰ نفر	97.40	97.40	90.31
	۱۰۱ تا ۲۵۰ نفر	98.97	98.97	94.87
	بیش از ۲۵۰ نفر	100.00	100.00	98.13

داده‌ها و روش تحقیق

۱- داده‌ها

متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق به شرح زیر است:

* متغیرهای معرفی شده در تابع تولید کاب داگلاس عبارتند از نیروی کار، موجودی سرمایه و تولید کارگاه‌های صنعتی. از آنجایی که داده‌های مربوط به موجودی سرمایه مستقیماً قابل دستیابی نیست، موجودی سرمایه در سطح بنگاه‌های صنعتی محاسبه شده است. به این منظور با استفاده از اصل شتاب نسبت موجودی سرمایه به تولید به روش محاسباتی که در ادامه توضیح داده می‌شود، برای هریک از کدهای ۴ رقمی ISIC محاسبه شده و از این طریق موجودی سرمایه هریک از بنگاه‌های صنعتی برآورد شده است. متغیرهای مورد استفاده به منظور محاسبه موجودی سرمایه، سرمایه گذاری و تولید کارگاه‌های صنعتی می‌باشد.

طبق اصل شتاب فرض بر این است که نسبت سرمایه مطلوب جاری به تولید (α)

در هر صنعت ثابت بوده و رابطه زیر برقرار می‌باشد:

$$\alpha = \frac{K_t^*}{Y_t}$$

$$K_t^* = \alpha Y_t$$

که در آن:

α نسبت سرمایه به تولید، K_t^* موجودی سرمایه در دوره t و Y_t تولید در دوره t

می‌باشد.

و برای دوره قبل:

$$K_{t-1}^* = \alpha Y_{t-1}$$

سرمایه گذاری خالص در زمان جاری (I_{nt}) برابر با تفاوت موجودی سرمایه واقعی دوره قبل (K_{t-1}) و موجودی سرمایه مطلوب جاری (K_t^*) می باشد:

$$I_{nt} = K_t^* - K_{t-1} = \Delta K_t$$

اگر سرمایه گذاری خالص موجب تغییر حجم سرمایه به سمت سطح سرمایه مطلوب شود و به عبارتی موجودی سرمایه واقعی در هر دوره برابر با ذخیره مطلوب سرمایه باشد:

$$K_{t-1}^* = K_{t-1} = \alpha Y_{t-1}$$

و از رابطه سرمایه گذاری خالص می توان نتیجه زیر را به دست آورد:

$$I_{nt} = \alpha Y_t - \alpha Y_{t-1} = \alpha \Delta Y$$

با فرض وجود استهلاک (λ) و معادله شتاب، سرمایه گذاری ناخالص I_t عبارتست از:

$$I_t = (K_t^* - K_{t-1}) + \lambda K_{t-1}$$

$$I_t = \alpha Y_t - \alpha Y_{t-1} + \lambda \alpha Y_{t-1}$$

با جایگزینی تولید، Y_t و سرمایه گذاری ناخالص بنگاه های صنعتی، I_t از داده های موجود، همچنین در نظر گرفتن نرخ استهلاک برابر با ۶ درصد از هژبرکیانی^۱ (۱۳۸۳)، α در سطح ریز ترین کدها، یعنی هریک از کدهای ۴ رقمی ISIC محاسبه شده است. با توجه به همگنی بنگاه های صنعتی در هریک از زیر کدهای ۴ رقمی، از α محاسبه شده هر یک از کدهای ۴ رقمی، برای محاسبه موجودی سرمایه هر یک از بنگاه های صنعتی همان کد استفاده شده است.

**متغیرهای مورد استفاده به عنوان شاخص بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات در هریک از بنگاه های صنعتی عبارتند از: دسترسی کارکنان به رایانه (ICT0)، استفاده از رایانه برای انجام فعالیت های بنگاه (ICT1)، دسترسی کارکنان به شبکه های رایانه ای (ICT2)، استفاده از شبکه های رایانه ای برای کسب اطلاعات (ICT3)، استفاده از شبکه های رایانه ای برای ارائه اطلاعات (ICT4)، استفاده از شبکه های رایانه ای برای کسب و یا ارائه اطلاعات (ICT5) که به صورت کدهای ۰ و ۱ برای عدم استفاده و یا

- هژبرکیانی (۱۳۸۳)

استفاده در نظر گرفته شده است. یکی از منابع اطلاعاتی برای داده‌های مربوط به کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات سولاتی است که از سال ۱۳۸۵ در برخی از طرح‌های آمارگیری مرکز آمار ایران از جمله آمارگیری از بنگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر و بیشتر کارکن گنجانده شده است. سولاتی از قبیل تعداد استفاده‌کنندگان از رایانه و اینترنت، نحوه دسترسی به اینترنت و علت استفاده از رایانه و اینترنت جزء سولات مذکور است که در واقع متغیرهای نام برده شده از اطلاعات فوق استخراج شده است.

***سایر متغیرها: از متغیرهای زیر نیز در تابع تولید گسترش یافته استفاده شده است:

- اندازه بنگاه با استفاده از کدهای ۱ تا ۴ مشخص شده است، به عبارتی برای بنگاه‌های ۱ تا ۵۰ نفر کارکن کد ۱، ۵۱ تا ۱۰۰ نفر کارکن کد ۲، ۱۰۱ تا ۲۵۰ نفر کارکن کد ۳ و بیشتر از ۲۵۱ نفر کارکن کد ۴ در نظر گرفته شده است.

- نوع صنعت، از آنجایی که بهره‌گیری صنایع از فناوری اطلاعات و ارتباطات در صنایع مختلف متفاوت می‌باشد، در این مطالعه صنایع در سطح دو رقمی ISIC برای سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ به ۴ طبقه تقسیم شدند. که این طبقه بندی بر مبنای متغیر درصد بنگاه‌هایی که در آن‌ها از رایانه برای انجام فعالیت‌های بنگاه استفاده می‌شود بوده است. طبقات به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که انحراف از میانگین متغیر فوق برای بنگاه‌های درون طبقه کمترین اختلاف و با بنگاه‌های طبقات مجاور، بیشترین اختلاف را داشته باشد. طبقات مشخص شده هر یک از صنایع دو رقمی در جدول (۳) ارائه شده است.

در گردآوری اطلاعات کلیه متغیرها از نتایج طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی دارای ۱۰ نفر کارکن و بیشتر کل کشور، که هر ساله توسط مرکز آمار ایران اجرا و نتایج آن منتشر می‌شود، برای سال‌های ۸۵ و ۸۶ استفاده شده است.^۱ اطلاعات براساس طبقه بندی استاندارد بین‌المللی صنایع^۲ (ISIC) منتشر شده و در این تحقیق از این اطلاعات در سطح بنگاه استفاده شده است. براین اساس تعداد کل بنگاه‌های صنعتی در سال ۸۵، ۱۶۰۵۷ و در سال ۸۶، ۱۵۸۷۸ بنگاه اعلام شده است. با بررسی اطلاعات

^۱ - اطلاعات کامل در مورد شاخص‌های ICT تنها برای این دو سال موجود است.

^۲ - International Standard Industries Classification

موجود به منظور برآورد مدل داده های تابلویی^۱ کلیه بنگاه هایی که در هر دو سال فعال بوده اند انتخاب شده است. تعداد این بنگاه ها ۸۵۶۲ بنگاه صنعتی می باشد که به این ترتیب تعداد مشاهدات عبارت خواهد بود از ۱۷۱۲۴ مشاهده.

جدول ۳: بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات با توجه به نوع صنعت
(تعیین شده توسط استفاده کارکنان از رایانه)

شاخص اول*		صنعت		شماره طبقه
سال ۸۵	سال ۸۶	عنوان	کد ISIC	
88,00	86,76	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	15	3
100,00	100,00	تولید محصولات از توتون و تنباکو- سیگار	16	4
84,48	84,07	تولید منسوجات	17	2
61,45	56,63	تولید پوشاک - عمل آوردن و رنگ کردن	18	1
80,39	84,31	دباغی و عمل آوردن چرم و ...	19	2
77,32	70,10	تولید چوب و محصولات چوبی و ...	20	2
91,33	89,29	تولید کاغذ و محصولات کاغذی	21	3
90,48	87,07	انتشار و چاپ و تکثیر رسانه های ضبط شده	22	3
90,36	93,98	صنایع تولید زغال کک - پالایشگاه های نفت و ...	23	3
94,15	94,15	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	24	3
92,40	90,32	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	25	3
69,39	66,76	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	26	1
92,76	88,30	تولید فلزات اساسی	27	3
91,05	89,51	تولید محصولات فلزی فابریکی بجز آهن و ...	28	3
93,79	93,22	تولید ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده	29	3
91,67	87,50	تولید ماشین آلات اداری و حسابرگر و محاسباتی	30	3
97,01	95,22	تولید ماشین آلات مولد و انتقال برق و ...	31	4
91,94	90,32	تولید رادیو و تلویزیون و ...	32	3
98,18	95,45	تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و ...	33	4
97,47	96,72	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر و ...	34	4
91,38	91,38	تولید سایر وسایل حمل و نقل	35	3
88,78	85,37	تولید میلمان و مصنوعات طبقه بندی نشده	36	3
42,86	42,86	بازیافت	37	1
87	85	کل صنعت		

* درصد بنگاه های استفاده کننده از رایانه در صنعت

¹-Balanced panel data

۲- مروری گذرا بر روش داده‌های تابلویی^۱

روش برآورد مدل‌های این مطالعه روش داده‌های تابلویی می‌باشد که در آن از زمان و مقطع در کنارهم استفاده می‌شود. استفاده از زمان و مقطع در کنار هم این مزیت را دارد که با توجه به تفاوت‌های انواع صنایع در بکارگیری و نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات، بهتر می‌توان تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات را در بهره‌وری بررسی نمود. مزایای این روش در مقایسه با روش‌های سری‌های زمانی و مقطعی عبارتند از:

الف: به محقق این امکان را می‌دهد که ارتباط بین متغیرها و حتی واحدهای انفرادی و به عبارتی مقاطع را که در این مطالعه صنایع می‌باشند، را در طول زمان در نظر گرفته و به بررسی آنها بپردازد.

ب: این روش توانایی کنترل اثرات انفرادی مقاطع که قابل مشاهده نمی‌باشد را داراست. (بالتاجی ۲۰۰۵)^۲

به طور کلی، یک مدل رگرسیونی در قالب مدل داده‌های تابلویی به شکل زیر می‌باشد:

$$Y_{it} = \alpha_1 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + w_{it} \quad i = 1, 2, \dots, N \text{ مقاطع} \quad (1)$$

$$w_{it} = u_i + v_t + e_{it} \quad t = 1, 2, \dots, T \text{ زمان} \quad (2)$$

که در رابطه (۲) u_i دارای میانگین صفر و واریانس ثابت می‌باشد. u_i الزاما متغیر تصادفی نمی‌باشد. اگر u_i یک عدد ثابت، مانند α_1 ، برای تمام مقاطع باشد، مدل اثرات مشترک^۳ یا رگرسیون تلفیقی^۴ بوده، و اگر عددی ثابت مانند اما متفاوت برای مقاطع، همچون α_i باشد، اثرات ثابت خواهد بود و در غیر این صورت، زمانی که u_i تصادفی باقی بماند، به آن اثرات تصادفی اطلاق می‌شود. e_{it} نیز جزء اختلال است.^۵

^۱-Panel Data

^۲-Baltagi (2005)

^۳-Common effects

^۴-Pooled regression

- لازم به یادآوری است که مدل‌های دیگری نیز وجود دارد که در آن تفاوت در ثابت یا تصادفی بودن ضرایب زاویه در مقاطع می‌باشد. همچون مدل‌های فضای حالت، که این نوع مدل‌ها نسبت به مدل‌های فوق‌الذکر کاربردهای کمتری دارد. ضمناً همانگونه که متداول است، در اینجا v_t ، یعنی تغییرات ضرایب نسبت به زمان را نادیده می‌گیریم و بنابراین $v_t = 0$ خواهد بود که در اینصورت مدل، مدل خطای یکطرفه (One Way Error Component) خواهد بود.

در روش حداقل مربعات معمولی یعنی زمانی که داده ها به صورت سری زمانی، مقطعی ترکیب شده^۱ باشد، u_i برابر با α_1 در نظر گرفته شده و در نتیجه اثرات انفرادی مقاطع یکسان فرض شده و نتایج دچار اریب ناهمگنی ناشی از یکسان بودن این اثرات می گردد. (بالتاجی ۲۰۰۵). در روش داده‌های تابلویی برای رفع این مشکل، محدودیت یکسان بودن اثرات انفرادی حذف می شود. اما یکسان بودن شیب معادله همچنان برقرار است^۲ به این معنی که

$$u_i = \alpha_i \quad i = 2, 3, \dots, N - 1$$

$$\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = \beta$$

روش های مختلفی برای برآورد الگو با داده های تابلویی وجود دارد که عبارتند از:
۱- برآورد مدل با فرض یکسان بودن عرض از مبدا برای تمامی مقاطع (فرض همگنی بنگاه ها)

۲- برآورد مدل با فرض متفاوت بودن عرض از مبدا برای مقاطع (بنگاه های) مختلف (اثرات ثابت یا اثرات تصادفی)

در روش دوم، مدل داده های تابلویی با دو نوع رویکرد تخمین اثرات ثابت^۳ و اثرات تصادفی^۴ قابل برآورد است.

در مدل های داده های تابلویی نیز همچون مدل های سری زمانی برای اجتناب از بروز رگرسیون کاذب^۵ لازم است پایایی^۶ متغیرها بررسی شود. از آنجایی که در مطالعه حاضر تعداد سال ها فقط ۲ سال می باشد، نیازی به بررسی پایایی متغیرها نیست. آماره F به شرح رابطه (۳) فرضیه H_0 مبنی بر یکسان بودن عرض از مبداها برای تمامی مقاطع را آزمون می کند:

^۱- Pooled data

- نگاه کنید به پاورقی ۲۰

^۳- Fixed Effects

^۴-Random Effects

^۵- Spurious Regression

^۶- Stationarity

$$F = \frac{(SSR_{Pool} - SSR_{Fixed}) / (N-1)}{\frac{SSR_{Fixed}}{NT - (N+K)}} \sim F_{[(N-1), (NT-N-K)]} \quad (3)$$

که در آن SSR_{pool} عبارتست از مجموع مجذورات خطاهای مدل برآورد شده با فرضیه یکسان بودن عرض از مبداها و SSR_{Fixed} عبارتست از مجموع مجذورات خطاهای مدل برآورد شده با فرضیه متفاوت بودن عرض از مبداها که با روش اثر ثابت برآورد شده است.

در صورتی که F محاسبه شده از F جدول با درجه آزادی‌های $(N-1), (NT-N-K)$ بزرگتر باشد فرضیه H_0 رد می‌شود.

در صورت پذیرش فرض نامساوی بودن عرض از مبداها، لازم است به منظور تعیین روش برآورد اثرات ثابت یا تصادفی از آزمون هاسمن استفاده شود. آزمون هاسمن فرضیه H_0 مبنی بر برابری برآوردکننده‌های اثرات ثابت و تصادفی را آزمون می‌کند. پذیرش فرضیه H_0 به معنی ناهمبستگی بین جملات اختلال و متغیرهای توضیحی است که در این صورت مدل اثرات تصادفی برآوردهای کارایی را ارائه خواهد داد. آزمون هاسمن به صورت زیر است:

$$F = \frac{(\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE})^2}{\text{Var}(\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE})} \sim N_k^2(4)$$

که در آن $\hat{\beta}_{FE}$ برآوردکننده اثرات ثابت، $\hat{\beta}_{RE}$ برآوردکننده اثرات تصادفی و k تعداد متغیرهای مستقل می‌باشد.

برآورد مدل تجربی

۱. تاثیر بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر تولید بنگاه

مدل رگرسیون مورد استفاده به منظور تبیین اثرات فاوا بر تولید بنگاه‌های صنعتی همچون مطالعه کریسکولو و والدورن^۱ براساس تابع تولید کاب-داگلاس و به صورت زیر می‌باشد:

^۱-Criscuolo C and Waldron K (2003). E-Commerce and Productivity. Economic Trends 600, UK Office for National Statistics

$$Q = AK^{\alpha}L^{\beta} \quad (5)$$

در تابع فوق K موجودی سرمایه و L نیروی کار می باشد (نیروی کار مستقیماً از اطلاعات موجود در مرکز آمار استخراج شده و موجودی سرمایه طبق روشی که قبلاً توضیح داده شد محاسبه شده است). A پیشرفت فنی است که باعث انتقال تابع تولید می شود و تابعی از میزان استفاده از شبکه های الکترونیکی/رایانه‌ای برای انجام فعالیت های بنگاه، کسب و یا ارائه اطلاعات بوده و به صورت زیر می باشد:

$$A = \exp(\delta_0 + \delta_1 \text{ictActivity}) \quad (6)$$

در اینجا ictActivity متغیر مجازی^۱ معرف دسترسی و یا استفاده از رایانه و شبکه های الکترونیکی برای انجام فعالیت های بنگاه، کسب و یا ارائه اطلاعات می باشد، که برای دسترسی یا استفاده عدد ۱ و برای عدم دسترسی عدد صفر اختصاص داده شده است. به منظور بررسی مجزای استفاده از رایانه و شبکه های الکترونیکی در فعالیت های بنگاه، در تصریح مدل، برای جزء ictActivity مواردی به شرح زیر در نظر گرفته شده است:

- دسترسی کارکنان به رایانه (ICT0)
 - استفاده از رایانه برای انجام فعالیت های بنگاه (ICT1)
 - دسترسی کارکنان به شبکه های رایانه‌ای (ICT2)
 - استفاده از شبکه های رایانه‌ای برای کسب اطلاعات (ICT3)
 - استفاده از شبکه های رایانه‌ای برای ارائه اطلاعات (ICT4)
 - استفاده از شبکه های رایانه‌ای برای کسب و یا ارائه اطلاعات (ICT5)
- با لگاریتم گیری و تبدیل متغیرها در معادله (۴) به متغیرهای سرانه، معادله به صورت زیر در خواهد آمد:

$$\ln\left(\frac{Q_{it}}{L_{it}}\right) = \delta_0 + \delta_1 \text{Activity} + \alpha \ln\left(\frac{K_{it}}{L_{it}}\right) - (\alpha + \beta - 1) \ln L_{it} + u_{it} \quad (7)$$

^۱-Dummy Variable

در رابطه (۷)، $(\alpha + \beta - 1) \ln L_{it}$ به منظور آزمون اثرات بازدهی نسبت به مقیاس در نظر گرفته شده است. $\ln\left(\frac{Q_{it}}{L_{it}}\right)$ لگاریتم تولید سرانه بنگاه i ام در زمان t و $\ln\left(\frac{K_{it}}{L_{it}}\right)$

لگاریتم موجودی سرمایه سرانه بنگاه i ام در زمان t است.

براساس آنچه که در بخش (۱.۴) در خصوص اثرات اندازه بنگاه و نوع صنعت مطرح شد، متغیرهای $size_{it}$ متغیر کنترل برای اندازه بنگاه i ام در زمان t و sec_{it} متغیر کنترل بنگاه i ام در زمان t برای نوع صنعت اضافه و مدل نهایی جهت برآورد به صورت زیر خواهد بود:

$$\ln\left(\frac{Q_{it}}{L_{it}}\right) = \delta_0 + \delta_1 eActivity + \alpha \ln\left(\frac{K_{it}}{L_{it}}\right) - (\alpha + \beta - 1) \ln L_{it} + \phi size_{it} + \varphi sec_{it} + u_{it} \quad (۸)$$

در ادامه معادله (۸) به منظور بررسی تاثیر بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر تولید بنگاه برآورد شده است.

همانگونه که در قسمت‌های قبل توضیح داده شد، آزمون‌های F و هاسمن تعیین کننده نوع مدل مناسب در برآورد مدل داده‌های تابلویی می‌باشد. بنابراین رابطه (۸) با در نظر گرفتن هریک از شاخص‌های بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات یکبار با فرضیه یکسان بودن عرض از مبداها و یکبار با کنار گذاشتن این فرض برآورد شد، که نتایج آزمون‌های F و هاسمن در جداول (۴) و (۵) و نتایج برآورد مدل اثرات ثابت در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ۴- آزمون F به منظور آزمون فرضیه برابری عرض از مبداها

نتیجه	F	مدل
Random/fixed	2.33	ICT0 :۱
Random/fixed	2.32	ICT1 :۲
Random/fixed	2.33	ICT2 :۳
Random/fixed	2.32	ICT3 :۴
Random/fixed	2.32	ICT4 :۵
Random/fixed	2.32	ICT5 :۶

جدول ۵- آزمون هاسمن به منظور آزمون فرضیه اثرات تصادفی یا ثابت

نتیجه	chi2(3)	مدل
Fixed	1441.84	ICT0 :۱
Fixed	1441.19	ICT1 :۲
Fixed	1444.85	ICT2 :۳
Fixed	1445.56	ICT3 :۴
Fixed	1441.25	ICT4 :۵
Fixed	1434.01	ICT5 :۶

جدول ۶: نتایج برآورد مدل تجربی تاثیر بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر تولید سرانه

متغیر وابسته: لگاریتم تولید سرانه	ict0	ict1	ict2	ict3	ict4	ict5
	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ۴	مدل ۵	مدل ۶
جزء ثابت	9.0613	9.028265	9.029851	9.117109	9.116804	9.143555
آماره آزمون t	60.26	61.01	63.56	65.62	65.76	66.17
لگاریتم موجودی سرمایه سرانه	0.53	.5273862	.5270692	.5270673	.5269486	.527201
آماره آزمون t	73.13	73.16	73.18	73.11	73.11	73.12
شاخص فاوا	0.11	.1458183	.1610009	.0875691	.0992076	.066456
آماره آزمون t	1.55	2.35	3.64	2.34	2.83	1.92
نوع صنعت	dropped	dropped	Dropped	dropped	dropped	dropped
آماره آزمون t	-	-	-	-	-	-
اندازه بنگاه	-0.1	-.1036924	-.1036125	-.1078826	-.1083923	-.1047885
آماره آزمون t	-2.33	-2.37	-2.37	-2.46	-2.47	-2.39
R2: within	0.5240	0.5243	0.5250	0.5243	0.5245	0.5241
R2:between	0.8326	0.8327	0.8330	0.8327	0.8330	0.8327
R2:overall	0.7824	0.7826	0.7829	0.7828	0.7831	0.7826
F(3,4862)	1783.89	1786.07	1791.49	1786.04	1787.82	1784.78
corr(u_i, Xb)	0.5938	0.5934	0.5935	0.5934	0.5936	0.5944
Prob>F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
sigma_u	1.2997268	1.2984231	1.2976888	1.2983086	1.2976396	1.3000912
sigma_e	.83694559	.83667724	.8360121	.83668067	.83646254	83683578

نتایج نشان می‌دهد در کلیه معادلات برآورد شده اکثر ضرایب از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد به بالا و در موارد نادر سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار می‌باشند همچنین علائم با مبانی نظری سازگار می‌باشد. موجودی سرمایه سرانه و شاخص بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مثبت و معنی‌دار بر تولید سرانه دارند. ضرایب هر یک از شاخص‌های بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات نشان می‌دهد، دسترسی به اینترنت نسبت به دسترسی به رایانه تأثیر بیشتری بر تولید سرانه داشته است. در خصوص استفاده از اینترنت به منظور کسب و یا ارائه اطلاعات، بیشترین تأثیر مربوط به شاخص ICT4 به عبارتی استفاده از شبکه‌های رایانه‌ای برای ارائه اطلاعات می‌باشد. در مدل اول ضریب شاخص بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد و نشان‌گر این امر است که استفاده از رایانه در این سطح از اطمینان نمی‌تواند تأثیر معنی‌داری بر تولید سرانه داشته باشد، بلکه استفاده از رایانه برای انجام فعالیت‌های شغلی موثر بر تولید سرانه می‌باشد. همچنین نتایج گویای این امر است که در کنار شاخص‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، موجودی سرمایه کماکان تأثیر بالا و معنی‌داری بر تولید بنگاه‌های صنعتی دارد.

۲. تأثیر بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره‌وری کل عوامل تولید

به منظور برآورد تأثیر بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره‌وری کل عوامل تولید با استفاده از روش کلیتون و همکاران (Clayton, et al 2003) معادله (۶) برای دو دسته بنگاه با ویژگی‌های زیر برآورد و عرض از مبدأها به عنوان برآورد بهره‌وری کل عوامل تولید مقایسه شده است.

- بنگاه‌هایی که در انجام فعالیت‌های بنگاه از رایانه استفاده می‌کنند ولی برای کسب و یا ارائه اطلاعات از اینترنت استفاده نمی‌کنند. (ICT1=1, ICT5=0) (۱۰۱۹۷) مشاهده

- بنگاه‌هایی که در انجام فعالیت‌های بنگاه از رایانه استفاده می‌کنند و برای کسب و یا ارائه اطلاعات از اینترنت استفاده می‌کنند. (ICT1=1, ICT5=1) (۹۵۵۴) مشاهده

در این مدل برخلاف مدل ارائه و برآورد شده در بخش (۱.۵) که از شاخص‌های به کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات استفاده شده بود، از شاخص‌های میزان به کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات استفاده می‌شود که عبارتند از:

مدل ۱: درصد کارکنانی که دسترسی به رایانه در محیط کار دارند. (ICT'0)
 مدل ۲: درصد کارکنانی که دارای دسترسی به شبکه های الکترونیکی در محیط کار (ICT'2)

به عبارتی ابتدا معادله (۷) برای بنگاه هایی که در انجام فعالیت های بنگاه از رایانه استفاده می کنند ولی برای کسب و یا ارائه اطلاعات از اینترنت استفاده نمی کنند، برآورد شده است.

$$\ln\left(\frac{Q_{it}}{L_{it}}\right) = \gamma_0 + \gamma_1 ICT_{kit} + \beta_i \ln\left(\frac{K_{it}}{L_{it}}\right) + u_{it} \quad (8)$$

در روابط فوق ICT' نماد هریک از شاخص های میزان به کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات در بنگاه های صنعتی است.

نتایج آزمون های F و هاسمن در برآورد رابطه (۸) در جداول (۷) و (۸) و نتایج برآورد مدل اثرات ثابت در جدول (۹) ارائه شده است.

جدول ۷ - آزمون F لیمر به منظور آزمون فرضیه برابری عرض از مبداها

نتیجه	F	مدل
Random/fixed	2.22	ICT'0 :۱
Random/fixed	2.23	ICT'2 :۲

جدول ۸ - آزمون هاسمن به منظور آزمون فرضیه اثرات تصادفی یا ثابت

نتیجه	chi2(2)	مدل
Fixed	568.51	ICT'0 :۱
Fixed	565.2	ICT'2 :۲

جدول ۹ - نتایج برآورد مدل تجربی تاثیر بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره‌وری کل عوامل

متغیر وابسته: لگاریتم تولید سرانه	Ict'0	Ict'2
	مدل ۱	مدل ۲
جزء ثابت	3.837088	3.820814
آماره آزمون t	49.83	49.8
لگاریتم موجودی سرمایه سرانه	0.5319724	0.5326771
آماره آزمون t	48.43	48.65
شاخص فاوا	0.0007795	0.00754
آماره آزمون t	1.42	4.06
R2: within	0.523	0.5262
R2: between	0.8098	0.8084
R2: overall	0.7787	0.7781
F(3,4862)	1173.72	1188.87
corr(u_i, Xb)	0.5632	0.5557
Prob>F	0	0
sigma_u	0.55930545	0.5571533
sigma_e	0.36690083	0.36566823

سپس رابطه (۸) برای بنگاه‌هایی که در انجام فعالیت‌های بنگاه از رایانه استفاده می‌کنند و برای کسب و یا ارائه اطلاعات نیز از اینترنت استفاده می‌کنند برآورد شده است. که نتایج آزمون‌های F و هاسمن در برآورد این مدل به صورت رابطه (۹) در جداول (۱۰) و (۱۱) و نتایج برآورد مدل اثرات تصادفی در جدول (۱۲) ارائه شده است.

$$\ln\left(\frac{Q_{it}}{L_{it}}\right) = \lambda_0 + \lambda_1 ICT_{kit} + \beta \ln\left(\frac{K_{it}}{L_{it}}\right) + u_{it} \quad (9)$$

جدول ۱۰- آزمون F به منظور آزمون فرضیه برابری عرض از مبداها

نتیجه	F	مدل
Random/fixed	2.17	ICT'0 :۱
Random/fixed	2.2	ICT'2 :۲

جدول ۱۱- آزمون هاسمن به منظور آزمون فرضیه اثرات تصادفی یا ثابت

نتیجه	chi2(2)	مدل
Fixed	583.69	ICT'0 :۱
Fixed	580.62	ICT'2 :۲

جدول ۱۲- نتایج برآورد مدل تجربی تاثیر بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره وری کل عوامل

متغیر وابسته: لگاریتم تولید سرانه	Ict'0	Ict'2
	مدل ۱	مدل ۲
جزء ثابت	4.524073	4.457311
آماره آزمون t	51.8	51.29
لگاریتم موجودی سرمایه سرانه	0.4428711	0.4494251
آماره آزمون t	37.04	37.72
شاخص فاوا	0.001875	0.0087743
آماره آزمون t	1.77	6.05
R2: within	0.3508	0.3591
R2: between	0.7233	0.7195
R2: overall	0.6677	0.6658
F(3,4862)	689.92	715.66
corr(u_i, Xb)	0.529	0.5138
Prob>F	689.92	0
sigma_u	0.6628744	0.65868142
sigma_e	0.46264443	0.45964709

در نهایت اثر میزان فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره وری کل عوامل تولید از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$TFP = \frac{e^{\lambda_0} - e^{\gamma_0}}{e^{\lambda_0}}$$

در جدول (۳) تغییرات در TFP برای دو گروه بنگاه که هردو از رایانه استفاده می کنند، اما یکی از گروه ها از اینترنت استفاده می کند و گروه دیگر استفاده نمی کنند را نشان می دهد. این تغییرات در سطر اول مربوط به حالتی است که شاخص ICT درصد کارکنانی که به رایانه دسترسی دارند است ولی در سطر دوم شاخص ICT درصد کارکنانی که دسترسی به شبکه های الکترونیکی دارند، در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۳- نتایج محاسبه تاثیر شاخص های میزان به کارگیری

فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره‌وری کل عوامل

مدل	متغیر ICT ^۳	جزء ثابت گروه اول	جزء ثابت گروه دوم	TFP _{GR}
۱	درصد کارکنانی که دسترسی به رایانه در محیط کار دارند (ICT ^۰)	3.837088	4.524073	0,987714
۳	درصد کارکنانی که دسترسی به شبکه های الکترونیکی در محیط کار دارند (ICT ^۲)	3.820814	4.457311	0,889849

نتیجه گیری و پیشنهادات

نتیجه گیری و پیشنهادات حاصل از برآورد مدل های تجربی را می توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱- مقادیر آماره t در مورد مدل های ۲ تا ۶ رویکرد اول نشان دهنده تاثیر بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر تولید بنگاه های صنعتی می باشد. معنی دار نبودن ضریب بکارگیری رایانه (ICT⁰) نشان دهنده عدم تاثیرپذیری تولید بنگاه از به کارگیری رایانه بدون در نظر گرفتن استفاده یا عدم استفاده آن در فعالیت های بنگاه می باشد. بزرگترین ضریب شاخص بکارگیری فاوا مربوط به مدل سوم می باشد که نشان می دهد استفاده از اینترنت بیشترین تاثیر بر تولید بنگاه را داشته است. بزرگترین جزء ثابت مربوط به مدل ۵ می باشد که نشان می دهد استفاده از اینترنت برای ارائه اطلاعات، که می توان از آن تعبیر به بازاریابی الکترونیکی نمود، بیشترین تاثیر را بر بهره‌وری کل عوامل بنگاه های صنعتی داشته است. ضریب منفی اندازه بنگاه نشان دهنده منفعت بنگاه های کوچک تر در استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات می باشد (جدول ۱۰).

۲- نتایج برآورد مدل های رویکرد دوم نشان دهنده تاثیر انکارناپذیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره‌وری عوامل تولید می باشد با این شرط که از فاوا در انجام فعالیت های بنگاه استفاده شود و در صورت استفاده از اینترنت این تاثیر به اندازه تقریباً ۱۰ درصد افزایش می یابد (جدول ۱۳).

۳- براساس آنچه در بند دوم ذکر شد و توجه به این امر که استفاده از رایانه و اینترنت در انجام فعالیت های بنگاه نیاز به تخصص و مهارت در بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات منطبق با فعالیت شغلی دارد، لذا لزوم توجه به سطح تخصص و به عبارتی سرمایه انسانی در برآورد تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر تولید و بهره‌وری کل

عوامل احساس می شود. همچنین با توجه به سطح پائین تخصص در اغلب بنگاه های کوچک در صنایع ایران، لازم است نحوه تاثیر گذاری فاوا بر صنایع کوچک با توجه به سطح مهارت و تخصص بررسی شود. با برآورد مدل های مجزا به تفکیک اندازه بنگاه می توان این فرضیه را که بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات تاثیر بیشتری بر بنگاه های کوچک و متوسط دارد، آزمون نمود. همچنین با اضافه کردن متغیر ضربی شاخص اندازه گیری فناوری اطلاعات و ارتباطات و سرمایه فیزیکی می توان اثرات متقابل این دو متغیر را برآورد کرد. علاوه بر آن با اضافه کردن متغیر نسبت کارکنان متخصص به کل کارکنان و متغیر اثرات متقابل با شاخص بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات می توان به نتایج بیشتر و جامع تری دست یافت.

منابع:

- Atrostic BK and Nguyen SV (2002). Computer Networks and US Manufacturing Plant Productivity: New Evidence from the CNUS Data. Center for Economic Studies, US Census Bureau. Washington, DC.
- Bender d. (1986) " Financial Impact Of Information Processing", journal of management information system, 3(2)
- Brynjolfsson, E., L. M. Hitt. (1996); "Paradox Lost? Firm Level Evidence On The Returns To Information Technology Spending", management science, 42 (4)
- Brynjolfsson E and Hitt LM (2002). Computing productivity: firm-level evidence. Review of Economics and Statistics 85(4): 793 – 808
- Clayton, Crisculo, goodridge and waldron.(2003), Enterprise E-commerce; Measurement and impact, Office National Statistics
- Criscuolo C and Waldron K (2003), E-Commerce and Productivity. Economic Trends 600, UK Office for National Statistics
- Dedrick J., Vijay G., Kenneth L.(2003); "Information technology and economic performance: a critical review of the empirical evidence", ACM Computing surveys, 35(1), March, PP. 1-28
- Haacker, M And Morsink, J. (2002), "You Say You Want A Revolution Information Technology And Growth" IMF WP 02/70
- Hagén H-O and Zeed J (2005), Does ICT use matter for firm productivity. Yearbook on Productivity 2005, Statistics Sweden.
- Jorgenson D.W., Motohashi, K.(2005),"Information Technology And The Japanese Economy", NBER Working Paper

-
- Jorgenson, D. D., Ho, M. S. and Stiroh, K. J., (2006), "Potential Growth of the U. S. Economy: Will the Productivity Resurgence Continue?" Journal of business economics, pp. 7-16
 - Mahmood M. A., Man G. J.,(1993); "Measuring The Organizational Impact Of Information Technology Investment: An Exploratory Study" , journal of management information system, 10 (1), PP. 1-97
 - Maliranta M and Rouvinen P (2003), "Productivity effect of ICT in Finnish business." Discussion Paper No. 852, Research Institute of the Finnish Economy
 - Thomas Pisello, Paul Strassman, (2003); "IT Value Chain Management-Maximizing the ROI from IT Investments", the information economics press, 1st Ed.
 - Zachry, G. P. (1991), "Computer Data Limits Productivity Gains" , Wall street journal, November 1991
 - Zhu K., Kraemer K. L., (2002), "E-commerce metrics for net-enhanced organizations: assessing the value of e-commerce to firm performance in the manufacturing sector", information systems research,13(3), PP. 275-295