اثر تغییر تکنولوژی بر بهره وری کل عوامل تولید محصول پنبه در استان خراسان رضوی

ابراهیم انسان[1*]، سعید یزدانی [2] و نازیلا محتشمی [3]

[*]۱ و ۳- دانشجویان دوره کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران

۲- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران

Ebrahim_ensan@ut.ac.ir

چکیده

انتظار می رود هرگونه تغییر تکنولوژی منجر به افزایش بهره وری کل عوامل تولید (TFP) گردد. هدف اصلی این مطالعه بررسی اثر تغییر تکنولوژی اریب بر TFP پنبه در استان خراسان رضوی می باشد. برای دست یافتن به این هدف، می توان از داده های سری زمانی هزینه تولید مربوط به محصول پنبه استان خراسان رضوی طی سال های ۹۰-۱۳۶۸ و روش غیر پارامتری استفاده نمود. نتایج نشان می دهد که در تولید پنبه استان خراسان رضوی از نهاده های جاری بیشتر از سایر نهاده ها، استفاده می شود. لذا پیشنهاد می گردد سرمایه گذاری برای انتقال تکنولوژی به مزارع پنبه و نیز بهبود سطح مدیریتی زارعین در به کارگیری نهاده های جاری در کنار هم مورد توجه قرار گیرند.

کلمات کلیدی: بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP)، تغییر تکنولوژی اریب(BTC)، پنبه

مقدمه

اقتصاددانان برای بهره وری و نقش آن در توسعه اهمیت زیادی قائل هستند. تأکید در این مورد به حدی است که برخی از آنها پدیده توسعه نیافتگی را مولود پایین بودن بهره وری می دانند. در شرایط کنونی بهره وری بالاتر و استفاده از امکانات موجود عملاً از یک انتخاب بالاتر رفته و به یک ضرورت تبدیل گردیده است. بررسی مولفه های رشد اقتصادی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه پیشرو نشان می دهد که سهم افزایش بهره وری عوامل تولید از سهم افزایش میزان سرمایه گذاری پیشی گرفته است. می توان گفت که امروزه بهره وری به ثروت ملل تبدیل گردیده است و ارتقای مستمر آن به عنوان شرط بقای نظام ها شناخته شده است (امامی میبدی، ۱۳۸۴). بدین ترتیب اندازه گیری و تجزیه و تحلیل دقیق بهره وری ضروری بوده و در سالهای اخیر مورد توجه پژوهشگران مختلف قرار گرفته است.

منظور از تغییر تکنولوژی با توجه به شواهد تاریخی در کشورهای گوناگون این است که اگر کشش تولید هرکدام از نهاده ها تحت تأثیر تغییر تکنولوژی قرار گیرد، این تغییر تکنولوژی اریب خواهد بود. مثلاً درصورتی که کشش تولید یک نهاده افزایش یابد، تغییر تکنولوژی به سمت استفاده بیشتر از آن نهاده خواهد رفت (رابینسون، ۱۹۳۸). براساس مطالعات کلیومتریک صورت گرفته، تورش یا تغییر تکنولوژی در سراسر کشور یا مناطق مختلف، می تواند متفاوت از یکدیگر باشند. اثر گذاری تغییر جهت تغییر تکنولوژی به حدی است که می تواند در هر منطقه یا هر کشور دوره های مختلف رشد اقتصادی را تعیین کند (دیوید، ۲۰۰۴). مطالعات اخیر در ابتدای قرن بیستم نشان می دهند که تغییر تکنولوژی مبتنی بر اطلاعات و ارتباطات باعث تورش مهارت در فرایند تغییر تکنولوژی شده اند (گلدین و کاتز، ۲۰۰۸). کلیه این شواهد در مورد جهت تغییر تکنولوژی با روش اصلی که بدون در نظر گرفتن تغییرات تکنولوژی به بررسی اثرات تغییر تکنولوژی می پرداخت، در تضاد است.

روش معمولی اندازه گیری بهره وری کل عوامل[۱] (TFP) بی طرفی هیکس از تغییر تکنولوژی را در نظر می گیرد. برخی روش های جدید، اثرات تغییر تکنولوژی را هنگامی که جهتش معین باشد بر رشد بهره وری در نظر می گیرد. توجه به اثرات تغییر تکنولوژی زمانی در تعیین رشد بهره وری استفاده می شود که نهاده های تولید در یک منطقه به یک نسبت فراوان نباشند و در نتیجه شیب منحنی هزینه همسان برابر یک نباشد. هنگامی که تغییر تکنولوژی اریب[۲]

[۱] Total Factor Productivity

[۲] Biased Technological Change

(BTC) از نهاده هایی که فراوان ترند بیشتر استفاده کند، نتیجه آن می شود که شیب منحنی تولید همسان بر تولید و در نتیجه بر رشد بهره وری اثر خواهد گذاشت (آنتونلی و کواترارو، ۲۰۱۰).

نگاه اجمالی به فرآورده های پنبه نمایانگر ظرفیت ذاتی این محصول صنعتی در ایجاد فرصت های شغلی در بخش کشاورزی و صنعت و در نهایت مؤید نقش آن در توسعه اقتصادی می باشد. بطور کلی می توان گفت که پنبه از مهمترین محصولات کشاورزی است که علاوه بر تأمین مواد اولیه صنایع نساجی و روغن کشی، در اشتغالزایی بخش های کشاورزی، صنعت و بازرگانی نقش مهمی ایفا می کند. کمتر محصول کشاورزی از نظر قابلیت ایجاد ارزش افزوده و تنوع فرآورده ها، یارای برابری با پنبه را دارد. پنبه در کشور ما از دیرباز یکی از مهم ترین اقلام تولیدی و صادراتی بوده و در برخی سال ها سهم پنبه از صادرات غیر نفتی کشور بیش از ۲۳ درصد و پس از نفت مهم ترین کالای ارز آور کشور محسوب می گردیده است.

پنج محصول اصلی زراعی تولیدی در استان خراسان رضوی شامل گندم، جو، پنبه، چغندرقند و گوجه فرنگی می باشند که حدوداً ۱۸ درصد از کل تولیدات و ۱۶ درصد از کل سطح زیر کشت این محصولات در کشور به این استان اختصاص یافته است (جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰). پنبه به علت مصارف گوناگون در دنیای امروز، اهمیت اقتصادی و تجاری بسیار زیادی دارد. به این محصول، به دلیل اهمیت اقتصادی آن، لقب طلای سفید داده اند. در ایران نیز پنبه یکی از محصولات مهم کشاورزی به شمار می آید. زراعت پنبه در ایران در طی سال های اخیر نوسانات زیادی داشته چنان که در سال زراعی ۵۲-۱۳۵۱ سطح زیر کشت این محصول در ایران معادل ۳۸۰ هزار هکتار و استان گلستان با دارا بودن ۱۸۰ هزار هکتار سطح زیر کشت پنبه بزرگترین تولید کننده این محصول بود. این درحالی است که در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ سطح زیر کشت پنبه به کمترین حد خود در ۳۵ سال اخیر معادل ۱۰۸ هزار هکتار رسید. در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ سطح زیر کشت پنبه ایران معادل ۱۱۷ هزار هکتار بود که در این بین استان خراسان رضوی با دارا بودن ۴۵۲۸۰ هکتار سطح زیر کشت پنبه بزرگترین تولید کننده پنبه کشور محسوب می شود (جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰).

آنچه دارای اهمیت است این است که میزان تولید پنبه بعد از سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ روند نزولی در کشور داشته است، بطوریکه میزان تولید کشور از حدود ۴۲۰ هزار تن در این سال به ۲۷۱ هزار تن در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ رسیده است (جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰). این کاهش می تواند موجب ایجاد مسائلی برای کشور گردد. زیرا با توجه به اینکه این محصول ماده اولیه صنایع نساجی را تشکیل می دهد و این صنایع از نوع صنایع اشتغالزا می باشد، اهمیت پنبه در شرایط کنونی کشور آشکار می شود. این گیاه همچنین یکی از محصولات صادراتی بخش کشاورزی بشمار می آید (فریادرس و همکاران، ۱۳۸۱). کاهش تولید در کنار منفی بودن رشد بهره وری کل عوامل تولید محصول پنبه بیانگر این است که نوسانات رشد بهره وری بیشتر به تغییرات فناوری مربوط می شود، و همچنین با سرمایه گذاری و انتقال

فناوری به بخش کشاورزی می توان این بهره وری را بهبود بخشید (کرباسی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین نتایج تحقیقات گذشته حاکی از تفاوت در رشد بهره وری این محصول در استان های مختلف است، لذا در هرگونه برنامه ریزی برای بهبود وضعیت بهره وری پنبه، بایستی به شرایط منطقه ای توجه شده و از ارائه نسخه واحد برای کل کشور خودداری شود. از این رو، تمرکز تولید پنبه ایران در منطقه خراسان لزوم توجه بیشتر به این محصول زراعی را در منطقه مذکور و همچنین لزوم مدیریت صحیح، برنامه ریزی اصولی و بهره گیری از یافته های جدید علمی و تکنولوژی مناسب در راستای اقتصادی تر نمودن فرایند تولید و افزایش بهره وری عوامل تولید را آشکار می سازد.

در سال های پس از انقلاب و بویژه سال های پس از جنگ که دولت به دنبال حفظ سهم ایران در تولید پنبه در بازارهای جهانی بود، به دلایل متعددی از جمله افزایش هزینه های تولید، کوچکتر شدن قطعات اراضی زیر کشت پنبه، عدم مکانیزاسیون مراحل کاشت، داشت و برداشت پنبه، عدم سرمایه گذاری کافی در امور زراعی و مطالعاتی، عدم اصلاح نهاده های کشاورزی (بذر، کود و غیره)، عدم حمایت کافی از کشت پنبه، تغییرات شرایط اقلیمی و غیره میزان تولید پنبه کشور به مرور نسبت به گذشته کاهش یافته است. این نشان می دهد که مشکل عمده کشور ما نه در سطوح زیر کشت بلکه در بهره وری پایین عوامل تولید، اعمال شیوه های سنتی تولید و عدم بهره گیری از تکنولوژی مدرن و نارسایی های خدماتی در زمینه ترویج تکنولوژی های مدرن بین کشاورزان می باشد. به همین دلیل انجام پژوهش های اقتصادی در زمینه تحلیل تغییر تکنولوژی و بهبود بهره وری در تولید پنبه در راستای بهره گیری بهینه از منابع موجود اجتناب ناپذیر و منطقی می نماید.

در این راستا، کشورهایی توانایی تغییر تکنولوژی را خواهند داشت که بتوانند انطباق بیشتری بین تغییر تکنولوژی و شرایط محلی بازار عوامل تولید برقرار کنند، اندازه گیری TFP بصورت معمولی (همانطور که سولو اندازه گیری کرده است) اجازه ای برای درک کامل این پدیده نمی دهد (آنتونلی، ۲۰۰۶a). تغییر تکنولوژی می تواند مختص شرایط یک منطقه باشد و ممکن است با شرایط بازار عوامل تولید منطقه دیگر هماهنگی نداشته باشد، در این صورت، شاهد کاهش بهره وری در این مناطق خواهیم بود. برای انطباق بیشتر تکنولوژی های وارد شده از مناطق دیگر به بازار عوامل تولید منطقه ما، بایستی خلاقیت به خرج داد. روش جدید اندازه گیری اثرات تغییر تکنولوژی اریب بر بهره وری می تواند برای بررسی انتقال تکنولوژی های نوین به مناطق پیرو[۳] تکنولوژی در این زمینه، مفید باشد.

پرسش های عمده این مطالعه عبارتند از اینکه، آیا بهره وری عوامل تولید محصول پنبه رو به کاهش بوده است؛ آیا تغییرتکنولوژی اتفاق افتاده است و اینکه اگر تغییر تکنولوژی را در کنار کاهش بهره وری داشته باشیم نحوه اثرگذاری تغییر تکنولوژی بر بهره وری چگونه است. در این مطالعه از رهیافتی استفاده شده است که بتواند اثرات مختلف بر بهره وری، اعم از تورش یا انتقال تابع تولید را شناسایی و از یکدیگر تفکیک کند و به تمامی پرسش های

[۳] Follower Countries

تحقیق، پاسخ دهد؛ جهت تغییر تکنولوژی و اثرات آن بر TFP را برای محصول پنبه استان خراسان رضوی طی دوره ۹۰-۱۳۶۸ بررسی کند؛ و همچنین تطبیق بین تغییر تکنولوژی اریب و قیمت نسبی عوامل که از عوامل مهم تحریک کننده تغییر در بهره وری می باشد را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد.

تغییر تکنولوژی اریب و بهره وری کل عوامل تولید

از لحاظ تئوری، پیشرفت تکنولوژی بصورت تغییر مکان تابع تولید به سمت بالا با فرض عدم تغییر در مجموعه عوامل تولید و همین طور تغییر مکان تابع هزینه به سمت پایین با فرض ثابت بودن سطح تولید و قیمت نهاده ها، تعریف می شود. بدین ترتیب به واسطه تغییر موقعیت تابع تولید، تولید متوسط و بهره وری عوامل تولید نیز تغییر پیدا می کنند. از این رو بهبود در تکنولوژی تولید یکی از عوامل و منابع اصلی تغییر بهره وری در واحدهای تولیدی محسوب می شود.

با توجه به مشخص شدن هدف انجام تحقیق، مطالعات بسیار کمی را می توان در ادبیات موضوع یافت که به اثرات تغییر تکنولوژی اریب بر بهره وری کل عوامل پرداخته باشند. برای نمونه در مطالعات فرگوسن (۱۹۶۸ و ۱۹۶۹) و نلسون (۱۹۷۳) از روش معمولی برای اندازه گیری TFP استفاده شده است که تغییر تکنولوژی (بر اساس فرض هیکس) خنثی و کشش جانشینی برابر یک می باشد. غفلت از اثرات تغییر تکنولوژی اریب بر بهره وری کل عوامل اولین بار در مطالعه سولو (۱۹۵۷) دیده شده است که نتیجه این مطالعه این بود که کشش تولید سرمایه توسط سهم این نهاده از درآمد اندازه گیری می شود و اثرات تغییر تکنولوژی در این روابط وارد نمی شوند (سولو، ۱۹۵۷). مطالعات بعد از سولو و همچنین شواهد بین المللی نشان می دهند که مطالعه سولو در مورد آمریکا تنها یک مورد خاص بوده و در بسیاری از کشورها با تغییر در سطوح کشش تولید نهاده ها تغییر تکنولوژی اریب اتفاق می افتد. شواهد تجربی اخیر و بحث های جدید روی اثرات تغییر تکنولوژی اریب، باعث علاقه مندی به این موضوع شده است.

انواع گوناگونی از روش ها در ادبیات اندازه گیری TFP در نظر گرفته شده است (دایلیبرتو و همکاران، ۲۰۰۸). در این مطالعات به اثرات BTC توجه بسیار کمی شده است. در واقع هیچ رویکردی را نمی توان یافت که به اثرات تغییر کشش تولید نهاده ها به عنوان یک فرم خاصی از تغییر تکنولوژی بر TFP بپردازد. مطالعه برنارد و جونز (۱۹۹۶) به این مسأله اذعان دارد که اندازه گیری TFP استاندارد تنها با توجه به تفاوت در کشش نهاده ها کافی نیست، به همین دلیل آن ها یک شاخصی را با عنوان "بهره وری تکنولوژی کل" ارائه کردند که از اختلاف جزء "A" در تابع کاب داگلاس و هر کدام از عوامل بدست می آید. با این حال این شاخص هم به اثرات BTC بصورت جداگانه توجه نمی کند. اخیراً کارلاو و کوسمپل (۲۰۰۴) در همین زمینه تلاش هایی کرده اند که مطالعه آن ها هم نتوانسته است به اثرات تغییر تکنولوژی بر TFP بصورت جداگانه بپردازد. نلسون و پک (۱۹۹۹) محدودیت های اندازه گیری معمولی TFP را مشخص کردند و بر دست کم گرفتن انباشت سرمایه در فرایند رشد اقتصادی تأکید کردند. دیوید (۲۰۰۴) مطالعه

گسترده ای را از روند بلند مدت جهت تغییر تکنولوژی در تاریخ اقتصادی آمریکا انجام داده است و نتیجه ای هم که گرفته است این است که جهات مختلف تغییر تکنولوژی است که دوره های مختلف رشد اقتصادی را در آمریکا در قرن های ۱۹ و ۲۰ میلادی شکل داده است. آنتونلی و کوواترارو (۲۰۱۰)، در مطالعه ای به بررسی اثرات تغییر تکنولوژی اریب بر بهره وری کل عوامل برای نمونه ۱۲ تایی از کشورهای عضو همکاری های اقتصادی (OECD) پرداخته است و از شاخصی تحت عنوان BIAS برای تعیین اثرات تغییر تکنولوژی اریب بر بهره وری کل عوامل تولید استفاده کرده است که از تفاوت TFP کلیه سال های مورد بررسی و TFP مربوط به هر سال بدست می آید. نتایج این مطالعه نشان داد که می توان با این روش اثرات تغییر تکنولوژی را بر بهره وری کل عوامل با موفقیت بررسی کرد. در این تحقیق هم سعی شده است از روش غیر پارامتری که آنتونلی و کوواترارو (۲۰۱۰) استفاده کرده اند، بهره گرفته شود.

فرضیه اساسی نظریه تولید این است که یک رابطه دوطرفه ای بین تکنولوژی و تابع تولید وجود دارد، به این صورت که هر تغییری در تکنولوژی، توابع تولید را تحت تأثیر قرار می دهد و همچنین هر تغییری در تابع تولید منعکس کننده تغییرات در تکنولوژی است. تغییر تکنولوژی می تواند منحنی تولید همسان را با انتقال یا تغییر شیب تحت تأثیر قرار دهد. وقتی که تغییر تکنولوژی خنثی باشد، فقط شاهد انتقال منحنی تولید همسان به سمت مبدأ، بدون تغییر شیب خواهیم بود ولی هنگامی که تغییر تکنولوژی اریب باشد، منحنی تولید همسان هم موقعیتش و هم شیبش تغییر می کند. تغییرات در شیب منحنی تولید همسان گویای تغییرات در کشش تولید نهاده ها می باشد و این تعریفی برای تغییر تکنولوژی اریب (BTC) خواهد بود. از این رو، می توان یک شاخصی از اثرات تغییر تکنولوژی بر موقعیت (انتقال) و شیب (تورش) منحنی تولید همسان را به عنوان تغییرات در سطوح TFP در نظر گرفت.

در واقع تطبیق بین جهت تغییر تکنولوژی و سطوح نسبی نهاده ها در مناطق مختلف دارای اثرات معنی داری بر کارایی فرایند تولید می باشد. بعنوان مثال معرفی تکنولوژی های سرمایه بر، در یک منطقه که فراوانی سرمایه بیشتر از سایر نهاده ها است، تولید را افزایش خواهد داد. روش سنتی اندازه گیری TFP بطور کامل این اثرات مهم را نادیده گرفت است. روش جدید، برای شناسایی اثرات جهت تغییر تکنولوژی به تغییرات در کشش تولید نهاده ها توجه می کند (آنتونلی و کوواترارو، ۲۰۱۰).

روش تحقیق

به منظور انتخاب شاخص مناسبی برای تعیین اثرات BTC بر TFP از "حسابداری رشد"[۴] استفاده شده است که اساس آن توسط سولو (۱۹۵۷) و بیشتر از آن توسط جرگنسون (۱۹۹۵) و سازمان همکاری های اقتصادی (۲۰۰۱) بنیان گذاشته شده است. و به خاطر اینکه روش این مطالعه با چارچوب مطالعه سولو همگن باشد، بایستی از تابع تولید کاب

[۴] Growth Accounting

داگلاس استفاده شود. در این مطالعه برای شناسایی و تفکیک اثرات BTC بر رشد بهره وری از یک روش خاص استفاده می شود، به این صورت که اثرات خالص انتقال تابع تولید از اثرات تغییر در شیب منحنی تولید همسان، تفکیک می شوند (آنتونلی، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶b).

در شرایطی که نهاده ها به یک نسبت در دسترس نیستند، استفاده بیشتر از نهاده ها باعث تغییر تکنولوژی اریب می شود. تطبیق بین کشش تولید و قیمت نسبی عوامل تولید می تواند اثرات شدیدی بر TFP داشته باشد. در صورتی که تورش به سمت استفاده بیشتر از نهاده هایی باشد که در یک منطقه فراوان ترند، این اثرات مثبت خواهند بود و در صورتیکه جهت تغییر تکنولوژی به استفاده بیشتر از نهاده هایی تشویق کند که در آن منطقه کمیاب ترند، این اثرات منفی خواهند بود (بیلی و بالکمب، ۲۰۰۴). دستیابی به چنین اثراتی نیازمند یک روش جدید است که در دو مرحله خلاصه می شود: اول اینکه، شناسایی اثرات تورش تکنولوژی بعنوان عامل اصلی در تعیین TFP واقعی؛ دوم اینکه، تفکیک اثرات انتقال تکنولوژی از اثرات تورش تکنولوژی (آنتونلی و کوواترارو، ۲۰۱۰). در ادمه هر دو مرحله را به نوبه خود در نظر خواهیم گرفت.

در مرحله اول و با توجه به تئوری تولید می توان گفت که تابع تولید تنها تحت شرایطی انتقال پیدا می کند که یا منحنی تولید همسان جابجا شود یا شیب منحنی تولید همسان تغییر کند. با توجه به این می توان نتیجه گرفت که دو اثر تغییرات تکنولوژی که شامل انتقال منحنی تولید همسان یا تغییر در شیبش می باشد، قابل اندازه گیری هستند. تغییرات در شیب می تواند ناشی از استفاده بیشتر از نهادهای محلی، نهاده های ارزان تر و یا شناسایی روش های کاراتر برای تولید محصول که باعث افزایش در نرخ بهره وری نهاده ها شود، باشند.

در مرحله بعد برای دستیابی به اثرات تورش و انتقال تکنولوژی، کافی است که تئوری تولید سولو (که توسط سولو با این فرض محاسبه شده است که کشش های تولید تغییر می کنند) را به عنوان یک روش خاصی برای اندازه گیری انتقال تکنولوژی، در نظر گرفت. تفاوت بین اثرات کلی دوگانه تغییر تکنولوژی شامل اثرات انتقال و تورش که در مرحله قبل بدست آمده اند و اثر سولو بدست آمده در این مرحله، اندازه گیری دقیقی از تورش تکنولوژی می باشد. بطور کلی می توان گفت، در صورتی که هیچ گونه تغییر تکنولوژی رخ ندهد، کشش تولید نهاده ها نباید تغییر کند و برای یک تابع تولید خاص، تغییری در موقعیت و شیب منحنی تولید همسان اش ایجاد نمی شود.

مواردی که گفته شد را می توان به این صورت شرح داد: ارزش ستاده Y محصول پنبه در زمان t، از کل عوامل تولید حاصل شده است که این عوامل تولید شامل ارزش واقعی خدمات زمین (D)، ارزش واقعی خدمات نیروی کار (L)، ارزش واقعی خدمات ماشین آلات (M) و ارزش واقعی نهاده های جاری (شامل کود، سم و بذر) (C)، می باشند. بهره وری کل عوامل تولید (A) با توجه به تئوری هیکس که تغییرات تکنولوژی را خنثی در نظر می گیرد، در رابطه زیر تعریف شده است. چنین تابع تولیدی بصورت رابطه (۱) نوشته می شود (آنتونلی و کوواترارو، ۲۰۱۰):

$$Y_t = A_t \cdot f(D_t, L_t, M_t, C_t) \quad (۱)$$

تابع تولید کاب داگلاس استاندارد مربوط به تابع تولید ضمنی (۱) به صورت رابطه (۲) تعریف می شود:

$$Y_t = A_t \cdot D_t^{\alpha_t} \cdot L_t^{\beta_t} \cdot M_t^{\gamma_t} \cdot C_t^{\delta_t} \quad (۲)$$

پس با توجه به رابطه (۲) می توان TFP را بصورت نسبت تولید واقعی به تولیدی که با استفاده از حداکثر توانایی عوامل تولید بدست آمده است، بصورت رابطه (۳) نوشت:

$$A_t = \frac{Y_t}{D_t^{\alpha_t} \cdot L_t^{\beta_t} \cdot M_t^{\gamma_t} \cdot C_t^{\delta_t}} \quad (۳)$$

و یا در شکل لگاریتمی بصورت رابطه (۴) نوشته می شود:

$$ln\, A_t = ln\, Y_t - \alpha_t ln\, D_t - \beta_t ln\, L_t - \gamma_t ln\, M_t - \delta_t ln\, C_t \quad (۴)$$

که در آن α_t، β_t، γ_t و δ_t به ترتیب نشان دهنده کشش تولید زمین، نیروی کار، ماشین آلات و نهاده های جاری برای تولید محصول پنبه در سال t ام خواهند بود. بایستی یادآوری کنیم که، با توجه به رابطه سولو، کشش تولید تمامی این نهاده ها امکان این را دارند که در طول زمان تغییر کنند. اما در انجام این کار اثرات تغییرشان بر بهره وری بطور کامل خنثی می باشد (آنتونلی و کوواترارو، ۲۰۱۰).

بعد از آن با پیروی از قضیه اویلر بصورتی که در مطالعه سولو (۱۹۵۷) دیده می شود، ما فرض می کنیم که کشش تولید هر نهاده برابر خواهد بود با سهم آن نهاده از درآمد کل، فرض دیگر در این رابطه این است که بازار نهاده و محصول، هر دو رقابت کامل اند. با توجه به این فروض، کشش تولید هر کدام از نهاده ها را می توان بصورت رابطه (۵) نوشت:

$$\alpha_t = \frac{w_{D,t} \cdot D_t}{Y_t} \;, \beta_t = \frac{w_{L,t} \cdot L_t}{Y_t} \;, \gamma_t = \frac{w_{M,t} \cdot M_t}{Y_t} \;, \delta_t = \frac{w_{C,t} \cdot C_t}{Y_t} \quad (۵)$$

اگر فرض شود بازده ثابت نسبت به مقیاس وجود داشته باشد، بایستی رابطه زیر بین کشش های تولید نهاده ها برقرار باشد:

$$\alpha_t + \beta_t + \gamma_t + \delta_t = ۱$$

A به دست آمده از این روش برای هر نوع تابع تولیدی بکار می رود (سولو، ۱۹۵۷)، و از آن به عنوان یک نماینده نامناسب از تغییر تکنولوژی یاد می شود (لینک، ۱۹۸۷). با توجه به این تعاریف، سولو یک راه برای تفکیک انتقال تابع تولید از حرکت در امتداد آن، پیشنهاد می دهد. روش سولو در زمانی که تغییر تکنولوژی خنثی باشد، و یا اینکه عوامل تولید بطور مساوی فراوان باشند، مناسب است. اثرات نوآوری تکنولوژی اریب در مناطقی که عوامل تولید به یک نسبت فراوان نیستند، از دو جزء تشکیل شده است. در واقع، بر اساس بحث های قبلی بایستی علاوه بر اثر انتقال تکنولوژی، اثر تورش یا همان جهت تغییر تکنولوژی در نظر گرفته شود.

اول از همه بایستی یک رابطه از TFP که هر دو اثر انتقال و تورش را در نظر بگیرد، معرفی شود (به همین دلیل آنرا TFP کل یا ATOT می نامیم). با فرض اینکه کشش تولید نهاده ها تغییر نکرده است و با توجه به سال اول مشاهدات، TFP کل یا ATOT بصورت رابطه (۶) تعریف می شود (آنتونلی و کوواترارو، ۲۰۱۰):

$$ATOT_t = \frac{Y_t}{D_t^{\alpha t=0}.L_t^{\beta t=0}.M_t^{\gamma t=0}.C_t^{\delta t=0}} \qquad (۶)$$

کشش تولید زمین، نیروی کار، ماشین آلات و نهاده های جاری در زمان t=0 ثابت است، بطوری که در هر لحظه از زمان ATOT برابر با نسبت بین تولید واقعی و تولیدی است که با استفاده از حداکثر توانایی عوامل تولید بدست آمده است و کشش نهاده های تولید را در طول زمان ثابت نگه داشته است. این شاخص در فرم لگاریتمی به شکل رابطه (۷) نوشته می شود:

$$ln\, ATOT_t = ln\, Y_t - \alpha_{t=0} ln\, D_t - \beta_{t=0} ln\, L_t - \gamma_{t=0} ln\, M_t - \delta_{t=0} ln\, C_t \qquad (۷)$$

بعد از این می توان به اثر تورش (BIAS) که تفاوت بین ATOT و A می باشد، بصورت رابطه (۸) دست یافت (آنتونلی و کوواترارو، ۲۰۱۰):

$$BIAS_t = ATOT_t - A_t \qquad (۸)$$

شاخص بدست آمده از رابطه (۸) براحتی محاسبه و تفسیر می شود. مقدار بحرانی این رابطه صفر است. هنگامی که BIAS برای یک منطقه بیشتر (کمتر) از صفر حاصل شود، نشان دهنده این است که جهت فعالیت تکنولوژی درست (غلط) است، و شیب هزینه همسان برابر یک نخواهد بود.

برای فهم بهتر مسأله مورد بررسی بهتر است یک شاخص جایگزینی که ATOT و TFP را با هم مقایسه کند، بصورت رابطه (۹) تعریف شود:

$$SHIFTINT_t = \frac{ATOT_t}{A_t} = \frac{A_t + BIAS_t}{A_t} \qquad (۹)$$

این شاخص به عنوان نماینده ای از شدت انتقال تغییر تکنولوژی شناخته می شود. شواهد تأیید می کنند که تطبیق بین جهت خاص تغییر تکنولوژی و خصوصیات بازارهای محلی عوامل تولید اثر شدیدی بر تکامل سطوح واقعی بهره وری کلی فرایند تولید، خواهد گذاشت (آنتونلی و کوواترارو، ۲۰۱۰).

داده های استفاده شده در این مطالعه از اطلاعات هزینه تولید جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی برای محصول پنبه آبی طی سال های ۹۰-۱۳۶۸ اخذ شده اند. تغییرات تکنولوژی در زراعت پنبه در سطح استان خراسان رضوی در این دوره مورد بررسی قرار گرفته است انتخاب این دوره به خاطر تغییرات انجام شده در سیاست های بازرگانی و خرید پنبه در سال های پس از جنگ بوده است. در ابتدای دوره با پایان جنگ تحمیلی و آغاز سیاست های دوران سازندگی و حذف پاره ای از محدودیت ها در بازار پنبه روبرو بوده ایم که حاصل آن افزایش شدید قیمت پنبه نسبت به سال های قبل بوده است، و پس از آن سیاست های جدید ارزی اعمال شد که افزایش شدید قیمت داخلی پنبه را به

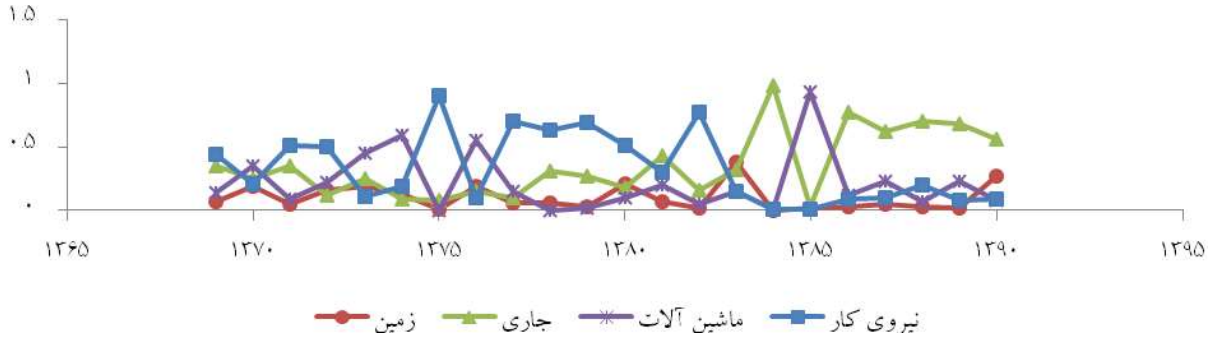
دنبال داشته است. تمامی شاخص های بهره وری بر حسب معیار ارزشی (ارزش تولید) اندازه گیری شده اند. در ضمن تمام داده های مورد استفاده در این مطالعه بر حسب قیمت واقعی می باشد که برای تبدیل داده های اسمی به حقیقی، از شاخص بهای تولیدکننده در ایران استفاده شده و سال ۱۳۸۳ به عنوان سال پایه انتخاب گردیده است. از این رو در این مطالعه، کلیه داده هایی که به صورت ارزشی هستند به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ بوده و ارزش های محاسبه شده، نشان دهنده ی ارزش واقعی در فعالیت مورد مطالعه می باشند. ارزش تولید پنبه، از حاصلضرب مقدار تولید پنبه برحسب کیلو در قیمت یک کیلو پنبه در هر سال بدست می آید. هزینه نهاده زمین به عنوان سرمایه ثابت، بصورت حاصلضرب سطح زیر کشت پنبه بر حسب هکتار در اجاره بهای زمین برای یک هکتار در استان خراسان رضوی محاسبه می شود. کل هزینه های ماشینی مربوط به آماده سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت پنبه در هر سال به عنوان سرمایه ثابت ماشین آلات در نظر گرفته می شود. کل هزینه های غیر ماشینی برای تولید پنبه در هر سال به عنوان ارزش نهاده نیروی کار در نظر گرفته می شود. متغیر دیگری با عنوان سرمایه جاری در نظر گرفته شده است که با بهره گیری از شاخص ترنکوئیست مربوط به سه نهاده کود، سم و بذر حاصل شده است.

نتایج

به منظور نشان دادن اهمیت موضوع، بهتر است در ابتدا به کشش تولید هر کدام از نهاده ها توجه شود. در صورتی که کشش تولید که به وضوح نشان دهنده شیب منحنی تولید همسان است، تغییر نکند، به این معنی است که تغییر تکنولوژی تنها باعث انتقال تابع تولید شده است و هیچ گونه اثری بر شیب آن نداشته است. از سوی دیگر با توجه به قضیه اویلر، کشش تولید هر نهاده برابر با سهم آن نهاده از درآمد کل می باشد (سولو، ۱۹۵۷ ، روتان، ۲۰۰۱). این تعریف از این بابت تعجب آور است که تغییر در کشش تولید عوامل را در نظر نمی گیرد.

همانطور که دیده می شود، نمودار(۱) و جدول(۱) شواهد روشنی از تغییرات تکنولوژی را با استفاده از تغییرات کشش تولید عوامل، طی ۲۲ سال از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۰ نشان می دهند. با توجه به این جدول، تئوری ثبات سهم هر یک از عوامل تولید تأیید نمی شود.

نمودار (۱)- تغییرات کشش تولید نهاده ها (۹۰-۱۳۶۹)



با استفاده از روابط ارائه شده در قسمت روش تحقیق این مطالعه کشش متغیرها، محاسبه شده است. بر طبق یافته های این جدول میانگین کشش زمین زیر کشت برابر ۰/۱۰۲ می باشد که روند آن از یک ثبات نسبی نسبت به سایر نهاده های تولید برخوردار بوده است. میانگین کشش نیروی کار و ماشین آلات به ترتیب ۰/۳۳۲ و ۰/۲۱۵ می باشند که یک روندی عکس یکدیگر را در کلیه سال ها نشان می دهند. میانگین کشش نهاده های جاری برابر با ۰/۳۵۲ می باشد که روندی تقریباً صعودی با نوساناتی در برخی از سال ها را دارا بوده است.

با توجه به شواهد گزارش شده فوق، روشن می شود که تغییرات کشش تولید نهاده ها در طول زمان، تنها یک راه بررسی عدم ثبات در شیب تابع تولید می باشد. علاوه بر این، تکامل بهره وری کل عوامل تولید در طول زمان یک راه دیگر برای نشان دادن این مهم در طول زمان می باشد. نتایج ناشی از جدول (۱) به این مسأله اذعان دارد که تابع تولید نه تنها در طول زمان دستخوش انتقال می شود بلکه فرم اولیه تابع هم دچار تغییراتی می شود و این برای محصول پنبه استان خراسان رضوی در طول زمان بوضوح قابل مشاهده است.

تغییر در کشش تولید عوامل در مطالعات مربوط به اندازه گیری بهره وری کل عوامل نادیده گرفته شده است. پس تجزیه و تحلیل تغییر تکنولوژی اریب برای درک بهتر از چگونگی رشد بهره وری، ضروری بنظر می رسد. در ستون دوم از جدول (۲)، شاخص بهره وری کل عوامل(A) بصورت معمولی و با توجه به تئوری سولو در نادیده گرفتن تغییر تکنولوژی، محاسبه شده است. همانطور که دیده می شود TFP طی سال های مورد بررسی تنها از سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۹ از یک ثبات نسبی برخوردار بوده است، همچنین در سه سال پایانی هم شاهد افت این شاخص هستیم و در سایر سال ها TFP با نوسانات زیادی روبرو بوده است و الگوی خاصی را از خود نشان نمی دهد.

محاسبات مربوط به ATOT در ستون سوم از جدول (۲) گزارش شده اند. برای محاسبه این شاخص هم از همان روش محاسبه TFP معمولی استفاده شده است با این تفاوت که در محاسبه ATOT به سطوح مطلق عوامل تولید نسبت به کشش تولید عوامل، بیشتر توجه شده است. شاخص ATOT از نوسانات کمتری نسبت به شاخص TFP برخوردار است. نوسانات شاخص ATOT در نیمه اول دهه ۷۰ و همچنین نیمه اول دهه ۸۰ عکس نوسانات TFP است و در سایر سال ها روندی متفاوت از یکدیگر دارند. از ثبات نسبی شاخص ATOT نسبت به TFP می توان این نتیجه را گرفت که نوسانات موجود در شاخص TFP ناشی از نوسانات کشش های تولید در سال های مختلف است. همانطور که دیده می شود وقتی در محاسبه شاخص ATOT کشش تولید عوامل ثابت در نظر گرفته می شوند، دیگر نوسان قابل توجهی نسبت به قبل در این شاخص دیده نمی شود پس نوسانات TFP ناشی از سطح مطلق عوامل نیست. واضح است که تغییر در کشش تولید عوامل برای تعیین تفاوت در رفتار TFP و ATOT استفاده شده است و به همین دلیل استدلال می شود که بایستی اثرات BTC بر رشد بهره وری با دقت بیشتری مورد بررسی قرار گیرد.

محاسبات مربوط به شاخص BIAS برای دوره مورد بررسی، در ستون چهارم از جدول (۲) مشاهده می شوند که با استفاده از رابطه (۸) بدست آمده اند. بایستی یادآوری کنیم که مقادیر مثبت این شاخص بیانگر تطبیق بین جهت تغییر تکنولوژی و شرایط محلی بازار عوامل تولید می باشد در حالیکه مقادیر منفی آن نشان دهنده عدم تطابق بین جهت تغییر تکنولوژی و شرایط محلی بازار عوامل تولید می باشد. و اگر این شاخص برابر صفر بود به این معنی است که تغییر تکنولوژی خنثی بوده و تغییری در نسبت عوامل ایجاد نشده است. لازم به ذکر است که رشد بهره وری دارای دو جزء انتقال و تورش است که در این مطالعه به جزء تورش در کنار جزء انتقال توجه شده است و هر چه مقدار این شاخص بزرگتر باشد نشان دهنده این است که ترکیب بهتری از انتقال و تورش تابع تولید یا منحنی تولید همسان رخ داده است.

همانطور که مشاهده می شود شاخص BIAS تنها در سال های ۱۳۷۱، ۱۳۸۱، ۱۳۸۴ و نیمه دوم دهه ۸۰ منفی و در سایر سال ها این شاخص مثبت می باشد. مقادیر منفی این شاخص در سال های آخر مورد بررسی نشان دهنده این است که جهت تغییر تکنولوژی که در این سال ها به سمت استفاده بیشتر از نهاده های جاری و نیروی کار بوده است، با شرایط منطقه ای عوامل تولید موجود در استان خراسان رضوی برای محصول پنبه در یک راستا نمی باشد.

ستون پنجم از جدول (۲) محاسبات مربوط به شاخص SHIFTINT را طی سال های مورد بررسی نشان می دهد که با استفاده از رابطه (۹) حاصل شده است و بیانگر شدت انتقال تغییر تکنولوژی می باشد. در واقع تطبیق بین جهت تغییر تکنولوژی و خصوصیات بازارهای محلی عوامل اثر شدیدی بر ارزیابی سطح واقعی بهره وری کلی فرایند تولید خواهد داشت، چنین رابطه ای توسط تغییرات این شاخص در طول زمان مشخص می شود. افزایش و کاهش شاخص های BIAS و SHIFTINT در کلیه سال ها در یک جهت است با این تفاوت که شاخص SHIFTINT دارای نوسانات کمتری است و هر دو شاخص با افزایش TFP، کاهش و با کاهش TFP، افزایش می یابند. مقادیر کمتر از یک شاخص SHIFTINT در نیمه دوم دهه ۸۰ بیانگر این است که جهت تغییر تکنولوژی با عرضه نسبی عوامل تولید مورد بررسی سازگاری ندارد و این باعث کاهش رشد TFP می گردد.

نتیجه گیری و پیشنهادها

بر اساس نتایج حاصل شده می توان گفت که جهت تغییرات تکنولوژی اثر شدیدی بر TFP دارد. به این ترتیب بایستی بیشتر از آنچیزی که انجام شده است، به این موضوع توجه کرد. در ادبیات موضوع هم مطالعات زیادی وجود دارند که به انتقال تابع تولید توجه کرده اند ولی تورش آن را نادیده گرفته اند. وقتی که تورش موجود در یک تابع تولید توسط یک تکنولوژی غیر خنثی و در جهت استفاده از عامل تولیدی باشد که بصورت محلی فراوان تر است، بهره وری کلی فرایند تولید افزایش می یابد. در برخی موارد افزایش بهره وری ناشی از اثرات تورش بزرگتر از اثرات سنتی انتقال می باشد. در صورتی که تکنولوژی جدید به سمت استفاده بیشتر از عواملی می رود که بصورت محلی

کمیاب ترند، ممکن است رشد بهره وری کاهش یابد. تجزیه وتحلیل های اقتصادی و سیاستگذاری های اقتصادی و کشاورزی می توانند با توجه به این نتایج انجام شوند. از آنجا که تغییرات تکنولوژی دارای اثر مثبت و منفی شدیدی بر TFP واقعی می باشد، ضرورت دارد که عوامل این اثرگذاری شناسایی شوند.

وارد کردن تکنولوژی های غیر خنثی جدید که به استفاده از عوامل تولید ارزان تر، تشویق می کنند، نیاز به مهارت های خاص دارد. از این روش جدید که پایه و اساسش حسابداری است و ما در مطالعه خود از این روش استفاده کرده ایم، می توان در تجزیه و تحلیل سطوح کلی کشور یا بطور خاص یک منطقه، یک بخش یا یک کارخانه برای شناسایی عواملی بهره گرفت که نقش در تغییر جهت تغییر تکنولوژی دارند.

نرخ تغییر تکنولوژی بصورت درونزا و در نتیجه فعالیت های اقتصادی تعیین می شود در حالیکه جهت تغییر تکنولوژی با توجه به نظر کارشناسان در این امر و همچنین با توجه به شرایط بازار بایستی تعیین گردد. افزایش TFP ناشی از تورش تغییر تکنولوژی بایستی به سمت استفاده بیشتر از نهاده هایی باشد که بصورت محلی فراوان ترند و این قضیه تا زمانی ادامه خواهد داشت که یک منطقه به زیرساخت های علمی پیشرفته لازم در تعیین جهت تغییر تکنولوژی دست پیدا کند (آنتونلی و همکاران، ۲۰۰۹).

دستیابی به تکنولوژی موجود در مناطق دیگر نیازمند تلاش های قابل توجهی در زمینه انطباق این تکنولوژی با بازار عوامل محلی می باشد. مفهوم خلاقیت در تطبیق این شرایط بسیار مهم است. با توجه به شواهد ارائه شده در این مطالعه می توان پیشنهاد کرد که سیاستگذاران در رابطه با فراوانی نسبی عوامل در مناطق گوناگون بایستی از طریق نظارت های مداوم، اطلاعات بیشتری کسب کنند، بگونه ای که بتوانند بدرستی جهت تغییر تکنولوژی را در یک منطقه خاص تعیین کنند. سیاست های تکنولوژیکی بایستی به گونه ای باشند که تکنولوژی های جدید و غیر خنثی ای را سازماندهی کنند که از نهاده های فراوان تر و در نتیجه ارزان تر در هر منطقه بیشتر استفاده کنند.

در این مطالعه اثر تغییر تکنولوژی بر بهره وری کل عوامل تولید پنبه استان خراسان رضوی با محاسبه کشش هر کدام از عوامل مورد بررسی قرار گرفته است. متغیر وابسته در این تحقیق بهره وری کل عوامل تولید می باشد که تأثیر عوامل مختلفی چون زمین، نیروی کار، ماشین آلات و ترکیبی از نهاده های جاری بر روی آن در بازه زمانی ۹۰-۱۳۶ مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج بدست آمده از این مطالعه، نهاده های جاری و پس از آن نیروی کار به عنوان اثرگذارترین نهاده های تولید و همچنین زمین و ماشین آلات به عنوان کم اثرترین نهاده های تولید در تولید پنبه استان خراسان رضوی معرفی می گردند که این ها حاکی از جهت تغییر تکنولوژی می باشند. با توجه به این نتایج روشن می گردد که در طی این دوره زمانی جهت تغییرات تکنولوژی در طول زمان اثر قابل ملاحظه ای بر سطح بهره وری کل عوامل تولید دارد. لذا سرمایه گذاری و نگاه ویژه به عوامل تأثیر گذار در محصول پنبه می تواند در جهت رشد و توسعه سریع تر این محصول موثر واقع گردد که به سیاست گذاران توصیه می گردد.

نتایج تحقیق و آمارهای وزارت جهاد کشاورزی، حاکی از رکود در بکارگیری انواع تکنولوژی، به ویژه ماشین آلات، در مزارع پنبه کشور است. لذا سرمایه گذاری برای بهبود وضعیت ماشین آلات در مزارع پنبه توصیه می شود. در این ارتباط واردات ماشین آلات با نظر متخصصین مربوطه در کوتاه مدت می تواند مثمر ثمر باشد. وضعیت فوق نشان می دهد که با سرمایه گذاری برای انتقال تکنولوژی به مزارع پنبه و نیز بهبود سطح مدیریتی زارعین در به کارگیری نهاده های جاری، امکان افزایش محصول و یا کاهش هزینه در زراعت پنبه وجود دارد. نتایج نشان می دهد که محصول پنبه استان خراسان رضوی از نهاده های جاری بیشتر از سایر نهاده ها، استفاده می کند، در این شرایط توصیه می شود جهت افزایش کارایی در تولید پنبه، به جای افزایش استفاده از نیروی کار بهتر است که در تمامی مراحل، بخصوص کاشت و داشت از ماشین آلات بهره گرفته شود. بدین منظور و از آنجایی که مطالعات مختلف انجام گرفته در زمینه کارایی فنی کشاورزان نشان داده اند که میزان دانش فنی بر کارایی زارعین اثر مثبت دارد، لذا پیشنهاد می گردد، گسترش برنامه های ترویجی در بکارگیری بهتر نهاده ها و در نتیجه افزایش کارایی فنی پنبه کاران که بایستی سیاستگذران پنبه استان خراسان رضوی به آن توجه کنند، در دستور کار قرار گیرد.

منابع

۱- امامی میبدی، ع. (۱۳۷۹) اصول اندازه گیری بهره وری و کارایی. تهران: موسسه مطالعات وپژوهش های بازرگانی.

۲- پروپنکو، ج. (۱۳۷۲) مدیریت بهره وری. ترجمه محمدرضا ابراهیمی مهر، تهران: موسسه کار و تأمین اجتماعی.

۳- سلامی، ح. (۱۳۷۶) مفاهیم و اندازه گیری بهره وری در کشاورزی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال پنجم، ۱۸: ۳۱-۷.

۴- فریادرس، و، چیذری، الف. ح و مرادی، الف. (۱۳۸۱) اندازه گیری و مقایسه کارایی پنبه کاران ایران، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۴۰: ۱۰۱-۸۹.

۵- کرباسی، ع، صبوحی، م و مرادی، الف. (۱۳۸۹) بررسی تغییرات و همگرایی رشد پنبه، در استان های کشور، مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۲: ۱۰۸-۹۱.

6- Antonelli, C. (2003), *The economics of innovation new technologies and structural change,* London, Routledge.

7- Antonelli, C. (2006a), Diffusion as a process of creative adoption, *Journal of Technology Transfer*, 31, 211-226.

8- Antonelli, C. (2006b), Localized technological change and factor markets: Constraints and inducements to innovation**,** *Structural Change and Economic Dynamics* 17, 224- 247.

9- Antonelli, C., Quatraro, F. (2010), The Effects of Biased Technological Change on Total Factor Productivity. Empirical Evidence from a Sample of OECD Countries, *Journal of Technology Transfer*, 35: 361-383.

10- Antonelli, C., Link, A.N., Metcalfe, J.S. (eds.) (2009), *Technology infrastructure*, Routledge, London.

11- Bailey, A., Irz, X., Balcombe, K. (2004), Measuring productivity growth when technological change is biased. A new index and an application to UK agriculture, *Agricultural Economics* 31, 285- 295.

12- Bernard A. B., Jones C. J. (1996), Comparing apples to oranges: Productivity convergence and measurement across industries and countries, *American Economic Review* 86, 1216-1238.

13- Carlaw, K. and Kosempel, S. (2004), The sources of total factor productivity growth: Evidence from Canadian data, *Economics of Innovation and Technological Change*, 13, 199-309.

14- David, P. (2004), The tale of two traverses. Innovation and accumulation in the first two centuries of U.S. economic growth, SIEPR Discussion Paper No 03-24, Stanford University.

15- Diliberto, A., Pigliaru, F., Mura, R. (2008), How to measure the unobservable: A panel technique for the analysis of TFP convergence, *Oxford Economic Papers* 60, 343-368.
16- Ferguson C.E. (1968), Neoclassical theory of technical progress and relative factor share, *Southern Economic Journal 34*, 490-504.
17- Ferguson, C.E. (1969), *Neoclassical theory of production and distribution*, Cambridge University Press, Cambridge.
18- Goldin, C. and Katz, L. (2008), *The race between education and technology*, Belknap Press for Harvard University Press. Cambridge.
19- Jorgenson, D.W. (1995), *Productivity Volume 1: Post-war US economic growth*, Cambridge, MA, MIT Press.
20- Kant, S. & J. C. Nautiyal. (1997). Production Structure, Factor Substitution, Technical Change, and Total Factor Productivity. Can. J. Forest Research, No.27: 701-710.
21- Link, A.N. (1987), *Technological change and productivity growth*, London, Harwood Academic Publishers.
23- Nelson, R.R., (1973), Recent exercises in growth accounting: New understanding or dead end?, *American Economic Review*, 63, 462-468.
24- Nelson, R.R., Pack, H. (1999), The Asian miracle and modern economic growth theory, *Economic Journal* 109, 416-436.
25- Robinson, J. (1938), The classification of inventions, Review of Economic Studies 5, 139-142.

جدول (۱)- کشش تولید هر کدام از نهاده ها طی سال های مورد بررسی

کشش نهاده ها / سال	کشش تولید زمین	کشش تولید نیروی کار	کشش تولید ماشین آلات	کشش تولید نهاده های جاری
۱۳۶۹	۰/۰۶۸	۰/۴۴۳	۰/۱۳۹	۰/۳۵۱
۱۳۷۰	۰/۱۸۹	۰/۲۱۰	۰/۳۵۲	۰/۲۴۹
۱۳۷۱	۰/۰۵۲	۰/۵۰۸	۰/۰۸۸	۰/۳۵۲
۱۳۷۲	۰/۱۵۶	۰/۴۹۷	۰/۲۲۳	۰/۱۲۴
۱۳۷۳	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰/۴۵۰	۰/۲۴۷
۱۳۷۴	۰/۱۳۱	۰/۱۹۰	۰/۵۹۱	۰/۰۸۷
۱۳۷۵	۰/۰۱۴	۰/۹۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۸۳
۱۳۷۶	۰/۱۹۴	۰/۱۰۱	۰/۵۵۳	۰/۱۵۲
۱۳۷۷	۰/۰۵۸	۰/۶۹۷	۰/۱۴۶	۰/۰۹۹
۱۳۷۸	۰/۰۵۶	۰/۶۳۱	۰/۰۰۱	۰/۳۱۲
۱۳۷۹	۰/۰۲۷	۰/۶۸۷	۰/۰۱۵	۰/۲۷۰
۱۳۸۰	۰/۲۰۶	۰/۵۱۰	۰/۰۹۹	۰/۱۸۴
۱۳۸۱	۰/۰۷۴	۰/۲۹۶	۰/۲۰۲	۰/۴۲۸
۱۳۸۲	۰/۰۲۴	۰/۷۷۳	۰/۰۴۸	۰/۱۵۵
۱۳۸۳	۰/۳۷۶	۰/۱۵۴	۰/۱۵۲	۰/۳۱۷
۱۳۸۴	۰/۰۰۲	۰/۰۱۱	۰/۰۰۴	۰/۹۸۲
۱۳۸۵	۰/۰۲۴	۰/۰۱۳	۰/۹۳۲	۰/۰۳۰
۱۳۸۶	۰/۰۲۹	۰/۰۸۷	۰/۱۱۵	۰/۷۶۸
۱۳۸۷	۰/۰۵۱	۰/۱۰۳	۰/۲۲۸	۰/۶۱۷
۱۳۸۸	۰/۰۲۹	۰/۱۹۶	۰/۰۷۲	۰/۷۰۳
۱۳۸۹	۰/۰۱۵	۰/۰۸۱	۰/۲۲۸	۰/۶۷۶
۱۳۹۰	۰/۲۷۲	۰/۰۸۹	۰/۰۷۶	۰/۵۶۲
میانگین	۰/۱۰۲	۰/۳۳۲	۰/۲۱۵	۰/۳۵۲

جدول(۲)- اثر تغییر تکنولوژی بر بهره وری کل عوامل تولید طی سال های مورد بررسی

سال	A	ATOT	BIAS	SHIFTINT
۱۳۷۰	۱۲/۷۸۰	۱۴/۸۵۵	۲/۰۷۵	۱/۱۶۲
۱۳۷۱	۱۴/۴۷۴	۱۴/۳۲۷	-۰/۱۴۷	۰/۹۹۰
۱۳۷۲	۱۱/۴۹۷	۱۴/۵۸۳	۳/۰۸۶	۱/۲۶۸
۱۳۷۳	۱۲/۵۴۲	۱۴/۴۹۷	۱/۹۵۶	۱/۱۵۶
۱۳۷۴	۱۲/۰۹۱	۱۵/۰۸۵	۲/۹۹۴	۱/۲۴۸
۱۳۷۵	۱۲/۳۰۰	۱۴/۸۳۰	۲/۵۳۰	۱/۲۰۶
۱۳۷۶	۱۲/۱۸۷	۱۴/۷۰۹	۲/۵۲۲	۱/۲۰۷
۱۳۷۷	۱۲/۶۲۷	۱۵/۰۰۴	۲/۳۷۷	۱/۱۸۸
۱۳۷۸	۱۴/۶۲۹	۱۵/۳۷۳	۰/۷۴۳	۱/۰۵۱
۱۳۷۹	۱۴/۶۰۵	۱۵/۱۱۴	۰/۵۰۹	۱/۰۳۵
۱۳۸۰	۱۱/۹۵۹	۱۵/۰۶۸	۳/۱۱۰	۱/۲۶۰
۱۳۸۱	۱۵/۶۰۲	۱۴/۸۴۵	-۰/۷۵۷	۰/۹۵۱
۱۳۸۲	۱۳/۲۰۱	۱۴/۸۰۰	۱/۵۹۹	۱/۱۲۱
۱۳۸۳	۱۱/۶۰۰	۱۴/۹۳۶	۳/۳۳۶	۱/۲۸۸
۱۳۸۴	۲۱/۶۱۱	۱۴/۷۱۰	-۶/۹۰۰	۰/۶۸۱
۱۳۸۵	۱۲/۳۸۸	۱۴/۶۳۸	۲/۲۵۰	۱/۱۸۲
۱۳۸۶	۱۹/۲۹۲	۱۴/۶۱۳	-۴/۶۷۹	۰/۷۵۷
۱۳۸۷	۱۷/۵۰۳	۱۴/۴۴۵	-۳/۰۵۸	۰/۸۲۵
۱۳۸۸	۱۸/۶۶۴	۱۴/۷۱۰	-۳/۹۵۴	۰/۷۸۸
۱۳۸۹	۱۸/۲۳۶	۱۴/۳۱۳	-۳/۹۲۳	۰/۷۸۵
۱۳۹۰	۱۴/۷۸۵	۱۴/۵۹۱	-۰/۱۹۴	۰/۹۸۷