تحلیل کارایی اقتصادی بنگاههای دانش

با استفاده از مرز تصادفی هزینه کوششهای تحقیقاتی

یعقوب انتظاری*

استادیار گروه اقتصاد آموزش عالی و بررسیهای

نیروی انسانی مؤسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی

چکیده

با توجه به اینکه ستانده‌های بنگاههای دانش متنوع، نوآورانه، منحصر به فرد، ناهمسان، ناهمگن و سیال‌اند و به طور کامل و دقیق قابل اندازه‌گیری نیستند، با روشهای مبتنی بر ستانده نمی‌توان کارایی آنها را به درستی و بدون خطا اندازه‌گیری و تحلیل کرد. بنابراین، هدف مقاله حاضر ارائه روشی جدید برای اندازه‌گیری و تحلیل کارایی اقتصادی بنگاههای دانش است. این روش «مرز تصادفی هزینه کوششهای تحقیقاتی» نامیده شده است. استفاده تجربی از این روش برای بنگاههای دانش کشور ایران نشان می‌دهد که با احتمال زیاد می‌توان وجود ناکارایی اقتصادی در بنگاههای دانش را تأیید کرد؛ همچنین، بررسی نتایج تخمین نشان می‌دهد که بعضی از ویژگیهای انتخابی بنگاههای دانش از جمله نوع مالکیت، اندازه و همکاری تحقیقاتی با مراکز غیردانشگاهی در وقوع ناکارایی اقتصادی آنها نقش دارند.

کلید واژگان: ***بنگاه دانش، کارایی اقتصادی، تحلیل مرز تصادفی تولید، تحلیل مرز تصادفی هزینه، کوششهای تحقیقاتی.***

---

* مسئول مکاتبات : entpost@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۳۸۶/۹/۲۵ پذیرش مقاله : ۱۳۸۷/۶/۲۰

مقدمه

طبق تعریف، اقتصاد مبتنی بر دانش آن نظام اقتصادی است که تمام فعالیتها در آن به طور مستقیم بر تولید، توزیع و استفاده از دانش و اطلاعات جدید متکی است(OECD,1996). در اقتصادهای مبتنی بر دانش بخش عمده‌ای از فعالیتهای تولید، توزیع و استفاده از دانش را دانشگاهها و سازمانهای نوظهوری با عنوان بنگاه دانش و بنگاه مبتنی بر دانش سازماندهی، برنامه‌ریزی و اجرا می‌کنند. نقش بنگاههای دانش تولید [یا کسب] دانش جدید، تبدیل و تجاری‌سازی دانش است. اما نقش بنگاههای مبتنی بر دانش استفاده از دانش جدید به منظور تولید محصولات جدید است که در اصطلاح نوآوری نامیده می‌شود (Entezari, 2007).

بنابراین، رشد و توسعه اقتصاد مبتنی بر دانش وابسته به عملکرد بنگاههای دانش و مبتنی بر دانش است. مهم‌ترین روش بهبود عملکرد این بنگاهها بهبود کارایی اقتصادی آنهاست. برای بهبود کارایی اقتصادی ابتدا باید آن را اندازه‌گیری و عوامل به وجود آورنده ناکارایی را شناسایی و تحلیل کرد. طبق روشهای مرسوم، برای اندازه‌گیری و تحلیل کارایی به اندازه‌گیری ستانده‌های بنگاه دانش نیاز است. محققان ستانده‌های فرایند تولید دانش را با روشهای مختلف اندازه‌گیری کرده‌اند. برای نمونه، بعضی از محققان (Porter and Stern, 2000; Luintel and Khan, 2005) ستانده فرایند تولید دانش را با تعداد حق امتیاز سنجیده‌اند. بعضی دیگر(Coupé, 2003) ستانده این فرایند را با تعداد حق امتیاز و تعداد استنادها به آنها اندازه گرفته‌اند. بعضی دیگر از محققان نیز برای اندازه‌گیری ستانده‌های فرایند تولید دانش از تعداد حق امتیاز، تعداد انتشارات و تعداد استنادها به آنها استفاده کرده یا پیشنهاد داده‌اند (Criscuolo et al., 2005; Jaffe and Trajtenberg, 2002).

به دلیل خواص ویژه کالای دانش اندازه‌گیری ستانده فرایند تولید دانش کار بسیار دشواری است، چون محصولات بنگاههای دانش بسیار متنوع، نوآورانه، ناهمسان [در درون یک بنگاه]، ناهمگن [در بین بنگاهها] و ناملموس و عمدتاً منحصر به فردند و با محصولات قبلی خود بنگاه دانش و محصولات بنگاههای دانش دیگر قابل مقایسه نیستند. برای مثال، هر اختراعی منحصر به فرد است و از نظر کیفی و ارزش اقتصادی کاملاً با اختراعات قبلی همان بنگاه و

اختراعات بنگاههای دیگر متفاوت است. یک اختراع ممکن است چندین برابر اختراع قبلی خود بنگاه و اختراع بنگاه رقیب ارزش داشته باشد.

علاوه بر این، ستاده‌های بنگاه دانش سیال‌اند و بخش عمده‌ای از آنها قابل کنترل و حفظ در درون بنگاه نیستند و به راحتی از مرزهای بنگاه دانش عبور می‌کنند و عاید رقبا و کل جامعه می‌شوند. بنابراین، از روشهای متکی بر ستانده فیزیکی نمی‌توان برای اندازه‌گیری و تحلیل کارایی فنی و اقتصادی بنگاههای دانش استفاده کرد. یک روش دیگر که برای اندازه‌گیری ستاده بنگاه دانش مطلوب به نظر می‌رسد، تعیین ارزش پولی ستانده‌هاست. اما محققان (Nurmi,1998) نشان داده‌اند که بخش اعظمی از ستانده‌های بنگاههای دانش ماهیت عمومی یا شبه عمومی دارند، وارد بازار دانش نمی‌شوند و قابل تجاری سازی نیستند و به طور آزاد از مرزهای بنگاههای دانش عبور می‌کنند و به جامعه سرریز می‌شوند. بنابراین، بخش عمده‌ای از محصولات دانش ارزش فرا بازاری دارند و در چارچوب بازار دانش از بابت آنها درآمدی عاید بنگاههای دانش نمی‌شود. بنابراین، اگر صرفاً ارزش بازاری محصولات بنگاههای دانش در محاسبه منظور شود، کارایی بنگاه دانش کمتر از حد واقعی برآورد می‌شود. محاسبه کارایی بر اساس این روش محاسبه ستاده‌ها را کارایی خصوصی می‌توان نامید. کارایی خصوصی بنگاههای دانش اخیراً توسط انتظاری و همکارانش(Entezari et al., 2007) محاسبه و تحلیل شده است.

حال این سؤال مطرح می‌شود که با توجه به اینکه بنگاههای دانش بر بخش عمده‌ای از محصولات خود کنترلی ندارند، با چه انگیزه‌ای به فعالیت خود ادامه می‌دهند یا اصولاً چگونه ادامه حیات می‌دهند؟ پاسخ این است که دولت در صنعت دانش دخالت می‌کند و برای جبران سرریزها به تولیدکنندگان دانش عمومی و علمی کمک مالی می‌کند. در واقع، ستانده نهایی بنگاههای دانش که انتظاری و همکارانش(Entezari et al., 2007)آن را درآمدهای عملیاتی نامیده‌اند، از حاصل جمع درآمدهای بازاری و کمکهای دولتی و مردمی به دست می‌آید. در پاسخ به این سؤال که دولت سرریزهای هر بنگاه را چگونه اندازه‌گیری می‌کند، باید گفت که سرریزهای دانش از بنگاه دانش به جامعه و از جامعه به بنگاه نامعین است و نمی‌توان آن را

به طور دقیق اندازه‌گیری کرد و کمکهای دولت به بنگاههای دانش بر اساس مشکلات جاری آنها صورت می‌گیرد و ممکن است تناسب معنی‌داری با سرریزها نداشته باشد.

با در نظر گرفتن درآمدهای عملیاتی(درآمدهای بازاری و کمکهای دولتی و مردمی) به عنوان ستانده نهایی، کارایی بنگاه دانش بیش از اندازه تخمین زده می‌شود. در واقع، با کمکهای دولتی بیشتر بنگاههای ناکارآمد کارا جلوه می‌کنند. در چنین شرایطی چگونه می‌توان کارایی واقعی بنگاههای دانش را اندازه‌گیری و تحلیل کرد؟ هدف مقاله حاضر پاسخ به همین سؤال است. برای این منظور، ضمن تشریح مفهوم «تابع هزینه کوششهای تحقیقاتی» روش جدیدی برای اندازه‌گیری و تحلیل کارایی اقتصادی بنگاههای دانش ارائه شده است.

در قسمت اول مقاله با توجه به مقاله انتظاری و همکاران(Entezari et al., 2007) تابع تولید بنگاه دانش فرموله شده است؛ در قسمت دوم با استفاده از تئوری دوگان تولید و هزینه در اقتصاد خرد، «تابع هزینه کوششهای تحقیقاتی» از «تابع کوششهای تحقیقاتی» استخراج شده است؛ در قسمت سوم الگوی «مرز تصادفی هزینه کوششهای تحقیقاتی» معرفی و روش تخمین آن ارائه شده است. در قسمت چهارم «مرز تصادفی هزینه کوششهای تحقیقاتی» تخمین زده شده و عوامل مؤثر بر کارایی هزینه بررسی شده است. در نهایت، با توجه به تخمینهای اقتصادسنجی نتیجه‌گیری به عمل آمده است.

تابع تولید دانش و تابع کوششهای تحقیقاتی

بنگاههای دانش سازمانهای مبتنی بر پروژه هستند و بر پایه پروژه‌های تحقیقاتی مدیریت می‌شوند، بدین معنا که فعالیتهای «تولید دانش آشکار» در آنها بر پایه پروژه‌های تحقیقاتی سازماندهی، برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود. منابع انسانی و مالی در دسترس بنگاه دانش نیز براساس پروژه‌های تحقیقاتی توزیع و بهره‌برداری می‌شود. دانشکاران(محققان، کمک محققان و تکنیسین‌ها) فعال در یک پروژه تحقیقاتی گروه پژوهشی نامیده می‌شوند (Guan and Wang, 2004).

با فرض اینکه بنگاه دانش i، r_{ij} نفر از کل محققان(r_i)، ra_{ij} نفر از کمک محققان (ra_i) و k_{ij} واحد از کل سرمایه فیزیکی(k_i) در دسترس خود را به پروژه تحقیقاتی j تخصیص دهد و y_{ij} واحد دانش آشکار جدید تولید کند، تابع تولید دانش آشکار در سطح یک پروژه تحقیقاتی(j) در بنگاه دانش i را به صورت رابطه (۱) می توان نوشت:

$$y_{ij} = f_j(r_{ij}, ra_{ij}, k_{ij}; \alpha),\ j = 1,2,..., \quad p_i \qquad (۱)$$

فناوری تولید دانش در سطح پروژه تحقیقاتی به گونه‌ای است که نهاده‌ها تا حدودی جانشین یکدیگر هستند، اما جانشینی کامل وجود ندارد. فرض می‌شود که تابع تولید دانش آشکار(۱) پیوسته، یکنواخت و همگن است. در این تابع α بیانگر بردار کشش ستاده هر پروژه نسبت به نهاده‌های مورد استفاده در همان پروژه است. عناصر بردار α همگی بزرگ‌تر از صفر یا مساوی با آن هستند. p_i نشان دهنده تعداد پروژه‌های تحقیقاتی است که در یک دوره معین در بنگاه دانش i اجرا می شود.

هر پروژه تحقیقاتی با هزینه معینی اجرا در می‌شود که مبلغ آن به میزان نهاده های مصرف شده و قیمت نهاده‌ها بستگی دارد. در کل، خط هزینه اجرای یک پروژه تحقیقاتی را به صورت رابطه (۲) می توان نوشت:

$$c_{ij} = w_{1i}r_{ij} + w_{2i}ra_{ij} + w_{3i}k_{ij},\ j = 1,2,..., \quad p_i \qquad (۲)$$

در این رابطه w_{1i}، w_{2i} و w_{3i} به ترتیب نشان دهنده نرخ قیمت نهادهٔ محقق، کمک محقق و سرمایه فیزیکی در بنگاه دانش i هستند.

کل دانش تولید شده در بنگاه دانش بزرگ‌تر از حاصل جمع دانش تولید شده در پروژه‌های تحقیقاتی است، چون از تعامل گروههای تحقیقاتی با یکدیگر دانش جدید دیگری تولید می‌شود که در تابع تولید پروژه‌های تحقیقاتی انفرادی مد نظر قرار نمی‌گیرد (خاصیت هم‌افزایی).

$$y_i = y_{0i} + \sum_{j=1}^{p} y_{ij}, \qquad (۳)$$

در رابطه (۳) y_{0i} مقدار دانش جدید فرا پروژه‌ای است که در اثر تعامل گروههای تحقیقاتی به عنوان اثرهای هم افزایی ایجاد می‌شود. همچنین، نهاده‌های مورد استفاده در بنگاه دانش بیشتر از جمع نهاده‌هایی است که در پروژه‌های انفرادی مصرف می‌شود، چون اولاً علاوه بر اینکه پروژه‌ها به پشتیبانی نیروی انسانی خدماتی نیازمندند، ستاد بنگاه دانش نیز به کارکنان ماهر در حد محققان نیازمند است؛ ثانیاً برای برنامه‌ریزی تحقیقاتی، تجاری‌سازی نتایج تحقیقات و بسیاری از فعالیتهای فرا پروژه‌ای دیگر به سرمایه نیاز است، اما در تابع تولید پروژه‌ها وارد نمی‌شوند. بنابراین، مقدار کل نهاده‌های مورد استفاده برای تولید ستاده یاد شده نیز به صورت روابط (۴) محاسبه می شود.

$$r_i = r_{0i} + \sum_{j=1}^{p} r_{ij}\,,$$
$$ra_i = ra_{0i} + \sum_{j=1}^{p} ra_{ij}\,, \qquad (۴)$$
$$k_i = k_{0i} + \sum_{j=1}^{p} k_{ij}$$

در این رابطه l_i تعداد نیروی انسانی پشتیبانی در بنگاه دانش است که اجرای تمام پروژه‌ها را پشتیبانی می‌کنند. r_{0i} و ra_{0i} به ترتیب بیانگر تعداد محققان و کمک محققانی است که در ستاد بنگاه دانش و به صورت فرا پروژه‌ای فعالیت می‌کنند. در نهایت، k_{0i} مقدار سرمایه فیزیکی را نشان می‌دهد که به طور فرا پروژه‌ای مصرف می‌شود.

با توجه به روابط (۳) و (۴)، تابع تولید بنگاه دانش را به صورت رابطه (۵) می توان نوشت:

$$y_i = f(r_i, ra_i, l_i, k_i; \beta) \qquad (۵)$$

بنابراین، هزینه بنگاه دانش نیز بسیار بیشتر از جمع هزینه پروژه‌های تحقیقاتی است. خط هزینه بنگاه دانش را به صورت رابطه (۶) می‌توان نوشت:

$$c_i = w_0 l_i + w_1 r_i + w_2 ra_i + w_3 k_i \qquad (۶)$$

در این رابطه c_i و w_0 به ترتیب بیانگر کل هزینه بنگاه دانش و نرخ دستمزد نیروی انسانی پشتیبانی است.

در رابطه (۳) y_{0i} متناسب با تعداد پروژه‌های تحقیقاتی است که در یک سال معین در بنگاه دانش اجرا می‌شوند. هر چقدر تعداد پروژه‌های تحقیقاتی و تعامل گروههای تحقیقاتی بیشتر باشد، دانش فرا پروژه‌ای بیشتر تولید می‌شود. اگر نرخ ایجاد دانش در اثر تعامل یک گروه تحقیقاتی با گروههای تحقیقاتی دیگر در بنگاه دانش i را با λ_i نشان دهیم، دانش فرا پروژه‌ای معادل $y_{0i} = \lambda_i p_i$ خواهد بود.

با فرض اینکه متوسط دانش آشکار تولید شده به وسیله هر پروژه [یا واحد فعالیت تحقیقاتی] در بنگاه دانش i به میزان $\bar{y}_i$ باشد، کل دانش آشکار تولید شده به وسیله بنگاه دانش بر حسب تعداد پروژه‌های تحقیقاتی [یا فعالیتهای تحقیقاتی] را به صورت رابطه (۷) می‌توان تعریف و اندازه‌گیری کرد.

$$y_i = \lambda_i p_i + p_i \bar{y}_i = p_i(\lambda_i + \bar{y}_i) \qquad (۷)$$

در این رابطه p_i تعداد پروژه‌های تحقیقاتی [یا فعالیت تحقیقاتی] در بنگاه دانش i را نشان می دهد. با استفاده از روابط (۵) و (۷) تابع تولید بنگاه دانش را به صورت رابطه (۸) می توان نوشت:

$$p_i(\lambda_i + \bar{y}_i) = f(l_i, r_i, ra_i, k_i; \beta) \qquad (۸)$$

با فرض اینکه در صنعت دانش نظام استاندارد کیفیت برای تعریف پروژه تحقیقاتی و دانش حاصل از آن وجود داشته باشد، می‌توان $(\lambda + \bar{y}) = QS > 0$ را به عنوان معیار استاندارد کیفیت تحقیقات در نظر گرفت که در صنعت دانش برای تمام بنگاههای دانش همسان است. با توجه به رابطه (۸)، تابع کوششهای تحقیقاتی را به صورت رابطه (۹) می‌توان استخراج کرد:

$$p = (\frac{1}{\lambda + \bar{y}}) f(l, r, ra, k; \beta) = F(l, r, ra, k; \gamma) \qquad (۹)$$

این رابطه نشان می‌دهد که هر چقدر استاندارد کیفیت تحقیقات در صنعت دانش بالاتر باشد، تعداد پروژه‌های کمتری تعریف و اجرا می‌شود. اگر پروژه‌های تحقیقاتی بدون توجه به استاندارد کیفیت تدوین و اجرا شوند، بهره‌وری کوششهای تحقیقاتی کاهش پیدا می‌کند.

مرز هزینه کوششهای تحقیقاتی در بنگاه دانش

همچنان که بیان شد، دانش آشکار به عنوان ستاده پروژه‌های تحقیقاتی و ستاده بنگاه دانش ناملموس، ناهمسان ، ناهمگن و بسیار سیال است، به گونه‌ای که بخش وسیعی از آن را نمی‌توان به طور واقعی تحت کنترل در آورد و اندازه‌گیری کرد. به دلیل کالای عمومی یا شبه عمومی بودن دانش و نبودن قیمت بازاری برای آن، اندازه‌گیری پولی آن نیز ممکن است ارزش آن را بیشتر یا کمتر از ارزش واقعی نشان دهد. اگر نتوان ستاده را درست اندازه‌گیری کرد، نمی‌توان کارایی فنی و اقتصادی آن را درست اندازه‌گیری و تحلیل کرد. برای حل نسبی این مسئله مفهوم تابع هزینه کوششهای تحقیقاتی معرفی و برای اندازه‌گیری و تحلیل کارایی اقتصادی بنگاههای دانش ارائه می‌شود.

با فرض اینکه هدف بنگاه دانش حداقل سازی هزینه با کوششهای تحقیقاتی معین است، مسئله بهینه‌یابی بنگاه دانش با استفاده از خط هزینه (۶) و تابع کوششهای تحقیقاتی (۹) را به صورت رابطه (۱۰) می‌توان تشکیل داد:

$$\min c_i = w_0 l_i + w_1 r_i + w_2 ra_i + w_3 k_i \qquad (۱۰)$$

$$st: p = (\frac{1}{\lambda + \bar{y}}) f(l, r, ra, k; \beta)$$

برای حل مسئله بهینه یابی (۱۰) تابع لاگرانژ را به صورت رابطه (۱۱) می‌توان تشکیل داد. در رابطه (۱۰) برای سادگی اندیس متغیرها حذف شده و η بیانگر ضریب لاگرانژ است.

$$L(l, ra, r, k, \eta) = w_0 l + w_1 ra + w_2 r + w_3 k - \eta(f(l, ra, r, k; \alpha) - p(\lambda + \bar{y})) \qquad (۱۱)$$

با دیفرانسیل‌گیری جزئی از تابع لاگرانژ نسبت به نهاده‌ها و ضریب لاگرانژ دستگاه معادلات (۱۲) به دست می‌آید:

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial L}{\partial l} = w_0 - \eta \frac{\partial f}{\partial l} = 0 \\
&\frac{\partial L}{\partial r} = w_1 - \eta \frac{\partial f}{\partial ra} = 0 \\
&\frac{\partial L}{\partial r} = w_2 - \eta \frac{\partial f}{\partial r} = 0 \\
&\frac{\partial L}{\partial k} = w_3 - \eta \frac{\partial f}{\partial k} = 0 \\
&\frac{\partial L}{\partial \eta} = f(l, r, k; \alpha) - p(\lambda + \bar{y}) = 0
\end{aligned} \qquad (۱۲)$$

با فرض اینکه تابع تولید دانش f و تابع کوششهای تحقیقاتی F از نوع کاب داگلاس است، شرط لازم و کافی برای حداقل‌سازی هزینه کوششهای تحقیقاتی برقرار است و با معین بودن پارامترهای توابع یاد شده و هزینه‌های واحد نیروی انسانی و سرمایه، جواب یکتا برای دستگاه معادلات (۱۲) وجود خواهد داشت.

بنابراین، با حل دستگاه معادلات (۱۲) نسبت به نهاده‌های تولید دانش(r_i ، ra_i ، k_i و l_i) بر حسب نرخ قیمتهای نهاده‌ها و میزان کوشش تحقیقاتی و قرار دادن آنها در خط هزینه، می‌توان «تابع هزینه کوششهای تحقیقاتی» را به صورت رابطه (۱۳) به دست آورد:

$$c(w, y; \omega) = \omega_6 w_0^{\omega_0} w_1^{\omega_1} w_2^{\omega_2} w_3^{\omega_3} p^{\omega_4} (\lambda + \bar{y})^{\omega_5} \qquad (۱۳)$$

با ثابت در نظر گرفتن متغیرهای $\bar{y}$ و λ میان بنگاههای دانش می‌توان تابع هزینه (۱۳) را به‌صورت تابع هزینه (۱۴) نوشت. تابع هزینه (۱۴) را «مرز هزینه کوششهای تحقیقاتی» در بنگاه دانش می‌توان نامید، چرا که با توجه به قیمتهای نهاده‌ها کمترین هزینه ممکن برای اجرای پروژه‌ها را [به عنوان فعالیت استاندارد تولید دانش آشکار] نشان می‌دهد.

$$\begin{aligned}
&c(w, p; \omega) = c_0 w_0^{\omega_0} w_1^{\omega_1} w_2^{\omega_2} w_3^{\omega_3} p^{\omega_4} \\
&c_0 = \omega_6 (\lambda + \bar{y})
\end{aligned} \qquad (۱۴)$$

اندازه‌گیری و تحلیل کارایی هزینه

در قسمت قبل فرض بر این بود که بنگاههای دانش بر روی مرز هزینه (۱۴) که سطح حداکثر کارایی هزینه را نشان می‌دهد عمل می‌کنند، اما در عالم واقع این گونه نیست. بنگاههای دانش به دلایل مدیریتی، ویژگیهای خاص، عوامل برونزا و شوکها و عوامل تصادفی نمی‌توانند در سطح مرز هزینه (مرز حداقل هزینه ممکن) تولید کنند. بنابراین، در عمل انحراف چشمگیری از مرز (۱۴) وجود دارد. انحراف از مرز بهینه را به دو مؤلفه ناکارایی(u) یا عامل شکست در بهینه یابی و شوکهای تصادفی(v) می‌توان تجزیه کرد (Aigner et al.,1977). اگر لگاریتم طبیعی سطوح بهینه هزینه (c_i^m) و هزینه واقعی(c_i) را مد نظر قرار دهیم، اختلاف این دو سطح هزینه در بنگاههای دانش را با رابطه (۱۵) می‌توان نشان داد:

$$
\begin{aligned}
c_i &= c(w_i, p_i; \omega) + v_i + u_i \\
c_i^m &= c(w_i, p_i; \omega) \\
c_i^s &= c(w_i, p_i; \omega) + v_i
\end{aligned}
\qquad (۱۵)
$$

در این رابطه، v_i نشان دهنده عوامل تصادفی و خطای اندازه‌گیری است که فرض می‌شود دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس ثابت (σ_v^2) است: $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$. بنابراین، c_i^s بیانگر مرز تصادفی هزینه است. u_i نشان دهنده میزان ناکارایی به عنوان یک عامل نامعین در فرایند تولید است که همیشه بزرگ‌تر از صفر یا مساوی با آن است($u_i \geq 0$)؛ قرینه آن ($-u_i$) میزان کارایی را نشان می‌دهد. u_i به عنوان یک متغیر نامعین دارای توزیع احتمال است، اما به دلیل نا منفی بودن دارای توزیعهای محدودی است و نمی‌تواند به صورت نرمال کامل توزیع شود. بنابراین، رابطه (۱۵) را نمی‌توان با روش حداقل مربعات و حداکثر درستنمایی استاندارد تخمین زد. از این رو، محققان (Battese and Cora,1977) روش حداکثر درستنمایی را بر مبنای توزیعهای یکطرفه مانند توزیع نصف نرمال، توزیع نرمال بریده، توزیع نمایی و توزیع گاما توسعه داده‌اند. مسئله حداکثر لگاریتم درستنمایی برای توزیع نرمال بریده را به صورت زیر می توان نوشت(Battese and Cora, 1977):

$$\max \ln L(\omega,\sigma^2,\gamma) = -\frac{N}{2}\ln(\frac{\pi}{2}) - \ln(\sigma^2) + \sum_{i=1}^{N}\ln(1-\Phi(s_i)) \\ -\frac{1}{2}\sigma^2\sum_{i=1}^{N}(c_i - c(w,p;\omega))^2 \qquad (۱۶)$$

$$s_i = \left[\frac{c_i - c(w,p;\omega)}{\sigma}\right]\left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right)^{1/2},\ \sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2,\quad \gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2}$$

با حل معادله (۱۶) نسبت به ω و σ^2, γ می‌توان تخمین زنهای آنها را به دست آورد. یکی از اهداف حل مسئله حداکثر درستنمایی بالا، آزمون وجود کارایی هزینه در بنگاه دانش است. فرضیه وجود مؤلفه ناکارایی هزینه را به صورت زیر می‌توان تشکیل داد:

$H_0 : \gamma = 0$

$H_\alpha : \gamma \neq 0$

آماره آزمون LR نام دارد که از طریق فرمول زیر محاسبه می شود :

$$-2\{\ln L_R - \ln L_{UR}\} \sim \chi_1^2$$

$\ln L_R$ ارزش تابع لگاریتم حداکثر درستنمایی در حالت $\gamma = 0$ است.

فقط وقتی محاسبه کارایی هزینه بنگاهها منطقی است که فرضیه صفر رد شود. در صورت رد شدن فرضیه صفر و با فرض توزیع نرمال بریده میزان ناکارایی u_i و درجه کارایی را از روابط(۱۷) و(۱۸) می‌توان محاسبه کرد(Coelli and Battese, 1998). البته، با استفاده از توزیعهای متفاوت رتبه‌های متفاوتی برای TE_i به دست می آید.

$$E[u_i \mid \varepsilon_i] = -\gamma\varepsilon_i + \sigma_a\left(\frac{\phi(\gamma\varepsilon_i/\sigma_a)}{1-\Phi(\gamma\varepsilon_i/\sigma_a)}\right) \qquad (۱۷)$$

$$TE_i = E[\exp(-u_i) \mid \varepsilon_i)] = \left(\frac{1-\phi(\sigma_a + \gamma\varepsilon_i/\sigma_a)}{1-\Phi(\gamma\varepsilon_i/\sigma_a)}\right)\exp(\gamma\varepsilon_i + \frac{1}{2}\sigma_a^2)$$

$$\varepsilon_i = v_i + u_i = \log(y_i) - x_i\beta$$

$$\sigma_a = \sqrt{\gamma(1-\gamma)\sigma^2} \qquad (۱۸)$$

در روابط یاد شده $\Phi(.)$ و $\phi(.)$ به ترتیب نشان دهنده تابع توزیع و تابع چگالی نرمال استاندارد متغیر تصادفی هستند.

کارایی یا ناکارایی بنگاههای دانش فقط ناشی از عملکرد مدیریت آنها نیست، بلکه به ویژگیهای درونی بنگاههای دانش مانند میزان تجربه، نوع مالکیت، اندازه فعالیتها، میزان سرمایه اجتماعی، توانایی همکاری با دیگر سازمانها و عوامل محیطی نیز بستگی دارد. این عوامل جزو نهاده‌ها و ستانده‌های بنگاه دانش نیستند، بنابراین، ناکارایی(u_i) در بنگاه دانش i را می‌توان تابعی از بردار عوامل برونزای(z) مد نظر قرار داد؛ یعنی:

$$u_i = u_i(z_i, \delta) \qquad (۱۹)$$

وابستگی توزیع $u_i \geq 0$ به عوامل برونزا بدین معناست که میانگین یا واریانس آن یا هر دو آنها تابعی از این عوامل (z) هستند؛ یعنی :

$$u_i \sim N^+(\mu_i(z, \delta), \sigma^2_{ui}(z, \rho)) \qquad (۲۰)$$

رابطه (۲۰) حالت عمومی توزیع u_i به عنوان یک توزیع نرمال بریده را نشان می‌دهد. محققان حالتهای خاصی از آن را در تحقیقات تجربی به کار گرفته‌اند. با در نظر گرفتن این موضوع رابطه (۱۵) را به صورت معادله (۲۱) می توان نوشت:

$$c_i = c(w_i, p_i; \omega) + v_i + u_i(z_i; \delta) \qquad (۲۱)$$

این معادله را با استفاده از دو روش دو مرحله‌ای و یک مرحله‌ای می‌توان تخمین زد. در روش دو مرحله‌ای ابتدا بدون توجه به عوامل اثرگذار بر ناکارایی، پارامترهای معادله مرز تصادفی تخمین زده می‌شود، آن گاه بر مبنای مقادیر به دست آمده برای ناکارایی، پارامترهای تابع ناکارایی برآورد می‌شود. اما در روش یک مرحله‌ای پارامترهای هر دو مرز هزینه و عوامل مؤثر برکارایی هزینه به طور همزمان در قالب یک معادله تخمین زده می‌شوند.

بعضی از محققان (Wang and Schmidt, 2002) نشان داده‌اند که رویه دو مرحله‌ای به دو دلیل ممکن است برآوردهای تورش‌داری از پارامترهای عوامل مؤثر بر ناکارایی هزینه ارائه دهند: ۱. ممکن است بین متغیرهای نهاده در تابع مرز و متغیرهای برونزای تابع توزیع کارایی همبستگی وجود داشته باشد؛ ۲. در کارایی هزینه که در مرحله اول با خطا تخمین زده می‌شود،

ممکن است خطا با متغیرهای برونزا همبستگی داشته باشند. آنها نشان دادند که اگر بتوان توزیع $u_i(z_i,\delta)$ را به دو جزء مستقل از z و وابسته به z تجزیه کرد، علاوه بر تخمین آن با روش حداقل مربعات غیرخطی، می‌توان ضرایب تابع تولید و ضرایب تابع کارایی را در یک مرحله تخمین زد.

یک روش، تجزیه تابع توزیع $u_i(z_i,\delta)$ به حاصل جمع یک تابع معین از z مانند $g(z_i,\delta)$ و یک متغیرتصادفی u^*_i با توزیع نصف نرمال یا نرمال بریده است(Wang and Schmidt, 2002):

$$u_i(z_i,\delta) = g(z_i,\delta) + u_i^* \qquad (۲۲)$$

این روش بر ویژگی پایایی مکانی در آمار ریاضی مبتنی است. در رابطه (۲۲) u^*_i را توزیع پایه و $g(z_i,\delta)$ را تابع مکانی می‌توان نامید. مشخصه اصلی خاصیت پایایی مکانی این است که عوامل برونزا فقط مکان توزیع را تغییر می دهند و بر شکل توزیع اثری ندارند، چون شکل توزیع به وسیله توزیع پایه تعیین می‌شود.

با استفاده از رابطه(۲۲) معادله (۲۱) را به صورت رابطه(۲۳) می توان نوشت :

$$\begin{aligned} c_i &= c(w_i, p_i; \omega) + v_i + g(z_i,\delta) + u_i^* \\ u^*_i &\sim N^+(\mu, \sigma^2_{u^*}) \end{aligned} \qquad (۲۳)$$

رابطه یاد شده بر سه موضوع مهم اشاره دارد (Alvarez et al., 2006): ۱. شکل تابع توزیع کارایی برای تمام بنگاههای دانش همسان، اما میانگین کارایی بین بنگاهها متفاوت است؛ ۲. با انتخاب تابع مقیاس‌گذاری مناسب می‌توان یکنواختی اثر عوامل برونزا برکارایی را به سادگی کنترل کرد و آن را آزمود؛ ۳. تفسیر پارامتر δ به توزیع کارایی بستگی ندارد و توابع ساده مقیاس‌گذاری تفسیر ساده ای را برای اثر عوامل برونزا بر میانگین کارایی ارائه می‌دهند.

تخمین مرز تصادفی هزینه کوششهای تحقیقاتی

برای تخمین و تحلیل کارایی هزینه کوششهای تحقیقاتی از بانک داده‌های آمارگیری از فعالیتهای تحقیق و توسعه مرکز آمار در سال ۱۳۷۶ به طور مقطعی استفاده شده است.

واحدهای تحقیق و توسعه در طرح آمارگیری مرکز آمار ایران در این سال را به چهار دسته می‌توان تجزیه کرد: ۱. واحدهای وابسته به بنگاههای صنعتی؛ ۲. واحدهای وابسته به دانشگاهها و مرکز آموزش عالی؛ ۳. واحدهای وابسته به حوزه‌های علمیه؛ ۴. واحدهای مستقل. در این مقاله به واحدهای مستقل تحقیق و توسعه به عنوان بنگاه دانش توجه شده و تحلیلها بر روی آنها صورت گرفته است. تعداد این واحد ۳۱۳ واحد بود که ۲۳ واحد از آنها دارای مأموریت خاص بودند، بنابراین، به عنوان واحدهای ناهمسان با واحدهای دیگر از دامنه تحلیل حذف شدند.

برای تخمین مرز هزینه کوششهای تحقیقاتی(۱۵) تابع هزینه به صورت کاب داگلاس و توزیع u به صورت نرمال بریده بیان می‌شود، بنابراین، الگوی مرز تصادفی هزینه کوششهای تحقیقاتی را به صورت معادله رگرسیونی(۲۴) می توان نوشت:

$$lc_i = \pi_0 + \pi_1 lw_i + \pi_2 lp_i + v_i + u_i \qquad (۲۴)$$

در این معادله مفهوم متغیرها و علایم به شرح زیر است:

lc_i = لگاریتم کل هزینه بنگاه دانش i

lw_i = لگاریتم متوسط دستمزد ($w_i = w_{0i} + w_{1i} + w_{2i} + w_{3i}$) در بنگاه دانش i

lp_i = لگاریتم کوششهای تحقیقاتی (تعداد پروژه‌های تحقیقاتی پایان یافته +۵۰ درصد پروژه‌های در دست اجرا در سال معین) در بنگاه دانش i

v_i = جمله اخلال در فرایند بنگاه دانش i که به صورت نرمال با واریانس σ_v^2 و میانگین صفر توزیع می شود.

u_i = مؤلفه ناکارایی هزینه در فرایند بنگاه دانش i که به صورت نرمال بریده با واریانس σ_u^2 و میانگین μ_u توزیع می شود.

نتایج تخمین معادله (۲۴) در جدول ۱ نشان داده شده است. بررسی جدول ۱ نشان می‌دهد که تمام ضرایب مرز تصادفی هزینه معنی‌دار هستند. ضریب ثابت بیانگر هزینه عوامل همسان در بین بنگاههای دانش مانند «متوسط دانش حاصل از هر پروژه تحقیقاتی» و قیمت سرمایه است که به دلیل نبود داده‌های مناسب به عنوان متغیر در نظر گرفته نشده است. معنی‌داری این

ضریب بدین معناست که هزینه عوامل همسان بین بنگاههای دانش قابل توجه و قابل تأیید است. معنی‌داری ضریب لگاریتم دستمزد متوسط دانشکاران بدین معناست که یک درصد افزایش در متوسط دستمزد دانشکاران هزینه کل بنگاه دانش را ۰/۹۵۶ افزایش می‌دهد. این در حالی است که یک درصد افزایش در تعداد پروژه‌های تحقیقاتی هزینه کل بنگاه دانش را فقط ۰/۶۹۰ درصد افزایش می‌دهد و این مسئله حکایت از اثر غالب دستمزد در هزینه‌های بنگاه دانش دارد.

در مرز تصادفی هزینه واریانس عامل کارایی بسیار بالا و واریانس جمله اخلال پایین است و این بدان معناست که مقدار پارامتر لاندا (γ) بالاست و بنابراین، ناکارایی می‌تواند بالا باشد. پارامترهای پایین جدول ۱ نشان می دهد که فرضیه نبود مؤلفه ناکارایی در بنگاه دانش رد می‌شود؛ یعنی در بنگاه دانش ناکارایی هزینه وجود دارد.

جدول۱ - نتایج تخمین مرز تصادفی هزینه کوششهای تحقیقاتی

	متغیر	ضریب	احتمال(Z) فرضیه H0	
مرز توزیع کارایی	ضریب ثابت	۲/۹۱۶	۰/۰۳۱	رد می‌شود
	lw	۰/۹۵۶	۰/۰۰۰	رد می‌شود
	lp	۰/۶۹۰	۰/۰۰۰	رد می‌شود
پارامترهای تکمیلی	σ^2_u	۴۶۹		
	σ^2_v	۰/۷۰۴		
	$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$	۴۷۰		
	$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2}$	۰/۹۹۸		
آماره ها	Log likelihood	-۳۶۹		
	Wald chi2	۴۲۲	۰/۰۰۰	
فرضیه صفر:	نبود مؤلفه ناکارایی	Z=2.308	۰/۰۱۰	
	نبود مؤلفه ناکارایی رد نمی‌شود؛ یعنی عدم کارایی اقتصادی وجود دارد.			

با توجه به مباحث بیان شده، این مسئله قابل طرح است که ناکارایی اقتصادی در بنگاههای دانش از کجا سرچشمه می‌گیرد؟ آیا ناشی از روشها و مهارتهای مدیریتی است یا به عوامل بیرونی و ویژگی بنگاههای دانش مانند اندازه، تجربه، نوع مالکیت و تعامل با سازمانهای محیطی بر می‌گردد؟ برای پاسخ به این سؤالها تخمینها و تحلیلهای اقتصادسنجی دیگری مورد نیاز است. همچنان که بیان شد، برای تخمین اثر عوامل برونزا بر ناکارایی دو روش وجود دارد: روش دو مرحله‌ای و روش یک مرحله‌ای. در روش دو مرحله‌ای ابتدا بدون در نظر گرفتن عوامل برونزا میزان ناکارایی محاسبه می‌شود، آن گاه رابطه تابعی بین میزان ناکارایی با عوامل برونزا برآورد می‌شود. اما در روش یک مرحله‌ای با اعمال فرضی بر توزیع ناکارایی، اثر عوامل برونزا بر ناکارایی و تابع تولید به طور همزمان برآورد می‌شود.

محققان(Wang and Schmidt, 2002) نشان داده‌اند که روش دو مرحله‌ای تورش‌دار است و بنابراین، در اینجا از روش یک مرحله‌ای استفاده می‌شود. برای این منظور با توجه به خاصیت پایای مکانی[یا مقیاسگذاری جمع پذیر] و تصریح کاب - داگلاس برای مرز معین هزینه کوششهای تحقیقاتی، معادله مرز تصادفی هزینه کوششهای تحقیقاتی (۲۵) را به صورت معادله (۲۶) می‌توان نوشت.

$$lc_i = \omega_0 + \omega_1 lw_i + \omega_2 lp_i + v_i + \delta_1 m_i + \delta_2 un_i + \delta_3 I_i + \delta_4 S_i + \delta_5 t_i + v_i + u_i^*$$

(۲۵)

در این معادله معنی علایم و متغیرهای جدید به شرح زیر است:

m_i = مالکیت بنگاه دانش i (یک برای مالکیت دولتی و صفر برای مالکیت خصوصی)

un_i = همکاری تحقیقاتی بنگاه دانش [با دانشگاهها].

I_i = همکاری تحقیقاتی بنگاه دانش i با سازمانهای غیر دانشگاهی(تعداد پروژه‌های تحقیقاتی مشترک)

S_i = اندازه بنگاه دانش i (تعداد افراد شاغل در بنگاه دانش)

t_i = تجربه بنگاه دانش(سالهای فعالیت بنگاه دانش)

u_i^* = جمله ناکارایی پایه (ناکارایی ناشی از مهارتها و روشهای مدیریتی) در مرحله تبدیل دانش که به صورت نرمال بریده $u_i^* \sim N(\mu_u, \sigma_u)^+$ توزیع می شوند.

نتایج تخمین معادله (۲۶) در جدول ۲ نشان داده شده است. بررسی جدول ۲ نشان می‌دهد که علاوه بر ضرایب مرز هزینه، سه تا از عوامل برونزای مورد نظر شامل مالکیت، اندازه بنگاه دانش و همکاری با سازمانهای غیر دانشگاهی معنی‌دار هستند. معنی‌داری ضریب متغیر مالکیت؛ یعنی اینکه بنگاههای دانش خصوصی کارایی اقتصادی یا هزینه‌ای بالاتری دارند؛ شاید این امر بدین دلیل باشد که عقلانیت تجاری در بنگاههای خصوصی بالاتر از بنگاههای دولتی است و در این زمینه تولید دانش را بهتر و دقیق‌تر مدیریت می‌کنند.

معنی‌داری ضریب اندازه بنگاه دانش به مفهوم این است که بنگاه دانش بزرگ‌تر کارایی اقتصادی کمتری از بنگاههای دانش کوچک‌تر دارد که البته، این اثر چندان چشمگیر نیست. در واقع، با ثابت در نظر گرفتن دیگر شرایط و عوامل، یک واحد افزایش در اندازه بنگاه دانش [مثلاً تعداد کارکنان مشغول به کار] ۶۰۰ ریال بی دلیل به هزینه‌های آنها افزوده می‌شود. این امر را این‌گونه می‌توان تحلیل کرد که با بزرگ شدن بنگاه دانش روابط فردی دانشکاران و روابط مدیریت و دانشکاران پیچیده‌تر می‌شود و سرمایه اجتماعی کاهش پیدا می‌کند.

معنی‌داری ضریب همکاری تحقیقاتی بنگاه دانش با سازمانهای غیر دانشگاههای بدین معناست که همکاری بنگاه دانش با سازمانهای غیردانشگاهی ناکارایی هزینه و در نتیجه، کل هزینه بنگاه دانش را کاهش می‌دهد. این امر را این گونه می‌توان تفسیر کرد که همکاری بنگاه دانش با سازمانهای غیر آکادمیک به خصوص بنگاههای صنعتی موجب یادگیری مدیریت هزینه در این بنگاهها می‌شود.

نتیجه آزمون فرضیه نبود مؤلفه ناکارایی ناشی از مهارتها و روشهای مدیریتی نشان می‌دهد که این نوع ناکارایی معنی‌دار نیست؛ یعنی نمی‌توان نقش مهارتهای پایین و روشهای نامناسب مدیریتی در وقوع مسئله ناکارایی را تأیید کرد.

جدول۲ - تخمین الگوی مرز تصادفی هزینه کوششهای تحقیقاتی

	متغیر	ضریب	احتمال(z)
مرز هزینه کارایی	ضریب ثابت	۴/۲۸۳	۰/۰۰۰
	lw	۰/۸۸۴	۰/۰۰۰
	lp	۰/۴۱۳	۰/۰۰۰
تابع هزینه مقیاس کارایی	m	۰/۲۴۰	۰/۰۶۷
	un	-۰/۰۱۷	۰/۵۶۴
	S	۰/۰۰۶۱	۰/۰۰۰
	I	-۰/۰۴۸	۰/۰۳۸
	t	۰/۰۰۴	۰/۳۲۱
پارامترهای تکمیلی	σ^2_u	۱۲۴/۳۵۴	
	σ^2_v	۰/۵۳۹	
	$\sigma^2 = \sigma^2_v + \sigma^2_u$	۱۲۴/۸۹	
	$\gamma = \frac{\sigma^2_u}{\sigma^2}$	۰/۹۹۵	
آماره ها	Log likelihood	-۳۱۶	
	Wald chi2	۷۷۶/۲۲	۰/۰۰۰
فرضیه صفر: نبود مؤلفه ناکارایی پایه		۰/۴۱۹	۰/۳۳۸
رد نمی‌شود			

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب بیان شده، با استفاده از روش «تحلیل مرز تصادفی هزینه کوششهای تحقیقاتی» می‌توان کارایی اقتصادی بنگاههای دانش را که محصولات آنها منحصر به فرد، ناهمسان و ناهمگن‌اند و به طور کامل و دقیق قابل اندازه‌گیری نیستند، تحلیل کرد.

با استفاده از این روش و داده‌های مورد استفاده، با احتمال زیاد می‌توان وجود ناکارایی هزینه در بنگاههای دانش کشور ایران را تأیید کرد. بررسی نتایج تجربی به‌کارگیری روش «تحلیل مرز تصادفی هزینه کوششهای تحقیقاتی» نشان می‌دهد که به احتمال زیاد بعضی از ویژگیهای

انتخابی مانند مالکیت بنگاه دانش، اندازه بنگاه دانش و همکاری تحقیقاتی با مراکز غیردانشگاهی در وقوع ناکارایی اقتصادی بنگاههای دانش دخالت دارند. اثرگذاری اندازه بنگاه دانش بر ناکارایی هزینه بدین مفهوم است که بنگاههای دانش بزرگ‌تر کارایی اقتصادی کمتری از بنگاههای دانش کوچک‌تر دارند که البته، این اثر چندان چشمگیر نیست. شاید بتوان این یافته را این گونه تحلیل کرد که با بزرگ شدن بنگاه دانش روابط فردی بین دانشکاران و روابط مدیریت و دانشکاران پیچیده‌تر می‌شود. البته، این یافته این نظریه را که «بنگاههای بزرگ‌تر به دلیل داشتن اقتصاد مقیاس ناکارایی اقتصادی پایین‌تر دارند»، تأیید نمی‌کند. اثرگذاری همکاری تحقیقاتی بنگاه دانش با سازمانهای غیر دانشگاهی بدین معناست که این همکاری ناکارایی هزینه و در نتیجه، کل هزینه بنگاه دانش را کاهش می‌دهد. این یافته را این‌گونه می‌توان تفسیر کرد که همکاری بنگاه دانش با سازمانهای غیرآکادمیک به خصوص بنگاههای صنعتی موجب یادگیری مدیریت هزینه در این بنگاهها می‌شود. اثرگذاری ضریب متغیر مالکیت بدین معناست که بنگاههای دانش خصوصی کارایی اقتصادی بالاتری دارند که شاید این امر بدین دلیل باشد که عقلانیت تجاری در بنگاههای خصوصی بالاتر از بنگاههای دولتی است و در این زمینه تولید، تبدیل و تجاری‌سازی دانش را بهتر و دقیق‌تر مدیریت می‌کنند.

برخلاف انتظار، ناکارایی ناشی از مهارتها و روشهای مدیریتی مورد تأیید نیست؛ یعنی به احتمال زیاد نمی‌توان نقش مهارتهای پایین و روشهای نامناسب مدیریتی در وقوع مسئله ناکارایی را تأیید کرد.

شایان ذکر است که مبانی نظری فرایند تولید دانش در بنگاه دانش وسیع‌تر و پیچیده‌تر از بحثهایی است که در این مقاله ارائه شده است. بنابراین، به محققان این حوزه پیشنهاد می‌شود که مطالعات مربوط به تابع تولید دانش و تابع کوششهای تحقیقاتی در بنگاه دانش را با نگرش جدیدتر و جامع‌تری دنبال کنند.

References

1. Aigner, D. J., C. A. K. Lovell and P. Schmidt (1977); "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models"; *Journal of Economics*, Vol. 6, pp. 21–37.

2. Alvarez Antonio, Christine Amsler, Luis Orea and Peter Schmidt (2006); "Interpreting and Testing the Scaling Property in Models Where Inefficiency Depends on Firm Characteristics"; *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 25, pp. 201–212.

3. Battese, G. E. and G. S. Corra (1977); "Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia"; *Australian Journal of Agricultural Economics*, Vol. 21, pp.169-179.

4. Coelli, Rao and Battese (1998); *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*; Kluwer Academic Publishers, Boston/ Dordrecht/ London.

5. Coupé, T. (2003), "Science is Golden: Academic RandD and University Patents"; *Journal of Technology Transfer*, Vol. 28, pp. 31–46.

6. Criscuolo, Chiara, Jonathan E. Haskel and Mattew J. Slaughter (2005); "Global Engagement and the Innovation Activities of Firms"; *National Bureau of Economic Research*, NBER Working Paper 11479, June.

7. Entezari, Yagoub (2007); "Efficiency Analysis of Knowledge Production based on Knowledge Firm Theory Using Method of Stochastic Frontier Analysis"; University of Shahid Beheshti, Department of Education; PhD Thesis (in Persian).

8. Entezari,Yagoub, Hassan Taei and Ali A. Yazdi (2007); "Efficiency Analysis of Knowledge Firm as Knowledge Producers: Using Method of Stochastic Frontier Analysis"; *Quarterly Journal of Research and Planning in Higher Education*, Vol, 13, No. 3, pp. 1-30 (in Persian).

9. Guan, Jiancheng and Junxia Wang (2004); "Evaluation and Interpretation of Knowledge Production Efficiency"; *Scientometric*, Vol. 59, No. 1, pp. 131-155.

10. Iran's Statistics Center (1997); "Information Networking Research and Development Statistics, Have been Sold to IRPHE IN 2000.

11. Jaffe, Adam and Manuel Trajtenberg (2002); *Patents, Citations and Innovations: A Window on the Knowledge Economy*; Cambridge, Massachusetts and London, England: The MIT Press.

12. Luintel Kul B. and Mosahid Khan (2005); "An Empirical Contribution to Knowledge Production and Economic Growth"; *OECD, DSTI/DOC10 STI*, Working Paper.

13. Nurmi, Raimo (1998); *Knowledge-Intensive Firms*; Business Horizons /May-June, pp. 26-32.

14. OECD (1996); *The Knowledge-based Economy*; Science, Technology and Industry Outlook, Paris.

15. Porter, Michael and Scott Stern (2000); "Measuring the 'Ideas' Production Function: Evidence from International Patent Output"; *National Bureau of Economic Research (Cambridge, MA)*, Working Paper No. 7891, September.

16. Simar, L., C. A. K. Lovell and P. Vaxden Eeckaut (1994); "Stochastic Frontiers Incorporating Exogenous Influences on Efficiency"; CEPR Discussion Paper, www.a.c.msu.edu.

17. Wang H. J. and P. Schmidt (2002); "One-step and Two-step Estimation of the Effects of Exogenous Variables on Technical Efficiency Levels"; *Journal Prod Anal*, Vol. 18, pp. 129–144.

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.