

بهره‌وری نوآوری دو مرحله‌ای سرمایه‌گذاری‌های جدید انرژی در چین:

یک رویکرد DEA غیر شعاعی

چکیده

سرمایه‌گذاری‌های رانده شده توسط توانایی برای نوآوری موثر و محصولات و خدمات بازار (سرمایه‌گذاری‌های نوآوری خوانده می‌شود) تجربه یک پیشرفت پیچیده از تحقیقات اولیه برای سودآوری را دارند. این مقاله فعالیت‌های مرتبط با نوآوری در طول دو مرحله رشد تجربه شده توسط سرمایه‌گذاری‌های جدید انرژی را در نظر می‌گیرد: فرآیند تحقیق و توسعه و فرایند بازاریابی. از یک روش تحلیل پوششی داده‌های غیرشعاعی برای ساخت شاخصها در جهت اندازه‌گیری بهره‌وری تحقیق و توسعه، کارایی بازار و بهره‌وری نوآوری یکپارچه استفاده شد. پژوهش تجربی با استفاده از این شاخصها و داده‌ها در مورد 38 سرمایه‌گذاری جدید انرژی در چین از سال 2009 تا 2013 سه یافته مهم را آشکار ساخت. اول، سرمایه‌گذاری‌های جدید انرژی معمولاً زمانیکه به نوآوری کشیده می‌شوند ناکارآمد هستند. این حالت مخصوصاً در طول مرحله تحقیق و توسعه نوآوری صدق می‌کند و بطور دوره‌ای یک پدیده که سرمایه‌گذاریها کمتر بر روی تحقیق و توسعه بجای تاکید بر بازاریابی تمرکز دارند وجود دارد. دوم، انواع مختلف سرمایه‌گذاری‌های انرژی با توجه به بهره‌وری آنها در نوآوری با هم تفاوت دارند. از این تعداد، سرمایه‌گذاری‌های انرژی هسته‌ای بیشترین کارآمدی را در بازاریابی و نوآوری ادغام شده دارند، سرمایه‌گذاری‌های انرژی بادی بیشترین کارآمدی را در نوآوری‌های تحقیق و توسعه دارند و سرمایه‌گذاری‌های انرژی خورشیدی در بهره‌وری تحقیق و توسعه پشت سر بقیه قرار دارد. سوم، فعالیت‌های نوآوری بصورت موثر و فشرده تنها در تعداد کمی از سرمایه‌گذاریها در نظر گرفته می‌شوند، نوآوری در اکثر

سرمایه‌گذاریها می‌تواند بطور کلی گسترده و ناکارآمد در نظر گرفته شود. سرمایه‌گذاریهای با نوآوری و حالت‌های مختلف بهره‌وری بازاریابی باید استراتژیهای پیشرفت هدفمند را بر اساس ویژگیهای بهره‌وری پیاده‌سازی کند.

کلید واژه ها: شرکت های انرژی نو کارایی نوآوری کارایی دو مرحله ای DEA غیر شعاعی

1. مقدمه

مصرف کلی انرژی چین در نتیجه رشد سریع اقتصادی در حال افزایش است. در سال 2013، مصرف انرژی چین 3/75 میلیون زغال سنگ استاندارد است که 22/4 درصد مصرف جهانی را تشکیل می‌دهد. با توجه به پیش‌بینیهای آژانس بین‌المللی انرژی، پیش‌بینی می‌شود که مصرف انرژی چین در دهه‌های آتی رشد داشته باشد. زغال سنگ مهمترین منبع انرژی در چین است و آلودگیهای زیست محیطی ایجاد شده توسط مصرف زغال سنگ چالشهایی را برای توسعه پایدار ایجاد می‌کند. بهبود بهره‌وری انرژی کمک می‌کند که این مسئله را نشان دهیم و بسیاری از مطالعات بر روی تخمین بهره‌وری انرژی تمرکز کرده‌اند. با این حال بهینه‌سازی ساختار مصرف انرژی نیز باید منجر به صرفه‌جویی در انرژی و کاهش انتشار به سطوح مورد نظر شود. چین باید جایگزینهای انرژی جدید را برای کاهش وابستگی به زغال سنگ و سوختهای فسیلی و رسیدن به تقاضاهای انرژی در حال رشد اجرا و پیاده‌سازی کند. دولت مرکزی چین اهمیت توسعه منابع انرژی جدید را تصدیق می‌کند و سیاستهای حمایتی را آغاز کرده است. برنامه دوازدهم پنج ساله پیشنهاد کرد که انرژی تجدیدپذیر، مانند انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی هسته‌ای 11/4 درصد کل مصرف انرژی را تا سال 2015 تشکیل می‌دهد. تا سال 2020، هدف رسیدن به 15 درصد مصرف انرژی کلی است که از منابع غیرفسیلی آمده است. صنعت انرژی جدید یک صنعت در حال ظهور با اهمیت استراتژیک زیاد در چین است، این صنعت قویا توسط دولت حمایت می‌شود و افزایشی در ظرفیت منابع انرژی جدید مانند خورشیدی، بادی، برق آبی و دیگر انرژیهای جدید وجود داشته است.

متأسفانه، سرمایه‌گذاریهای جدید انرژی چین قابلیت‌های تحقیق و توسعه ضعیفی دارد، و سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه 20 درصد کمتر از متوسط بین‌المللی است. این امر منجر به فناوری هسته‌ای جدید ناکافی و ناتوانی برای سرمایه‌گذاریهای جدید انرژی در جهت تولید درآمد کافی از محصولات نوآورانه می‌شود. در سالهای اخیر، ظرفیت تولید بیش از حد چین آشکار شده است. صادرات تجهیزات و اجزای انرژی جدید نیز به دلیل رکودهای اقتصادی جهانی و سیاست‌های حمایتی در کشورهای توسعه یافته خیلی مشکل شده است.

سرمایه‌گذاریهای جدید انرژی باید باید رقابت خود را در بازار افزایش دهند و توسعه پایدار را با داشتن فناوری هسته‌ای و تجاری‌سازی موفق فناوریها و محصولات جدید به دست آورند. توسعه فناوری هسته‌ای و تجاری‌سازی محصولات به توانایی سرمایه‌گذاری برای نوآوری مستقل بستگی دارد. بنابراین، افزایش بهره‌وری فعالیتهای نوآورانه (بهره‌وری نوآوری) برای سرمایه‌گذاریهای جدید انرژی اهمیت دارد. محققین قبلی فناوریهای انرژی تجدیدپذیر و سیستمهای نوآوری و بهره‌وری صنایع با فناوری بالا را توضیح داده‌اند. با این حال، برخی بر روی تحلیل بهره‌وری نوآوری در سرمایه‌گذاریهای جدید انرژی و بهره‌وری مراحل مختلف در طول فرآیند نوآوری تمرکز داشته‌اند. این مقاله دو مرحله بهره‌وری نوآوری سرمایه‌گذاریهای انرژی جدید را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های غیر شعاعی (DEA) ارزیابی می‌کند. هر دو بهره‌وری نوآوری یکپارچه و بهره‌وری در طول فازهای مختلف توسعه در نظر گرفته می‌شوند. این تحلیلها ممکن است به آشکار شدن منابع بهره‌وری گم شده و اندازه‌گیریهای پیشرفت خاص کمک کند.

2. مروری بر ادبیات موضوع

برای اندازه‌گیری بهره‌وری نوآوری، محققین قبلاً از یک نسبت ورودی منفرد به خروجی منفرد بعنوان مقدار بهره‌وری استفاده می‌کردند. این روش ساده و بصری است، و در تشخیص منابع بدون بهره‌وری با شکست مواجه می‌شود. چونکه روشهای محاسبه بهره‌وری پیشرفت کرده است، محققین شروع به استفاده از ابزارهایی کرده‌اند که روش

تحلیل مرزی را به کار می‌برد، مانند آنالیز مرزی اتفاقی (SFA) و DEA. این ابزارها به روشهای اصلی برای محاسبه بهره‌وری نوآوری تبدیل شده‌اند.

روش SFA یک روش تحلیلی پارامتری است که توسط آینر و همکاران پیشنهاد شده است. این روش یک شکل خاص را در رابطه بین توابع ورودی و خروجی فرض می‌کند و از تجهیزات اقتصادی برای تخمین پارامترهای مجهول استفاده می‌کند. روش SFA برای هدایت ارزیابی‌های بهره‌وری در تولید، بانکداری و دیگر حوزه‌ها استفاده شده است. با استفاده از SFA، وانگ و هوانگ بهره‌وری‌های نوآوری در 30 کشور را به احتساب فاکتورهای محیطی و بررسی رابطه بین بهره‌وری تحقیق و توسعه و سطوح درآمد محاسبه کردند. لی (2009) از یک روش SFA که توسط کولی (1995) برای محاسبه عملکرد نوآوری منطقه‌ای و قابلیت‌ها در 30 استان چین از سال 1998 تا 2005 پیشنهاد شده استفاده کرد. روشهای SFA تاثیر عوامل تصادفی را بر روی خروجی را به حساب می‌آورد، با این حال آنها برای نشان دادن سناریوهای با خروجیهای چندگانه مناسب نیستند.

در مقابل، روش DEA داده‌ها را از ورودیها و خروجیهای چندگانه بدون تنظیم شکل عملکردی خاص در پیشرفت تطبیق می‌سازد. روش DEA بطور گسترده‌ای برای اندازه‌گیری بهره‌وری استفاده می‌شود و بسیاری از مطالعات بهره‌وری نوآوری که از DEA استفاده می‌کنند در ادبیات موضوع یافت می‌شوند. چن و همکاران (2006) از DEA برای اندازه‌گیری عملکرد شش صنعت با فناوری بالا در تایوان از سال 1991 تا 1999 استفاده کردند. هاشیموتو (2008) تحقیق و بهره‌وری نوآوری صنعت دارویی را بین سالهای 1983 تا 1992 با استفاده از روش DEA-malmquist تجزیه و تحلیل کرد. ایجاد روش DEA با بهره‌وری خیلی بالا، اشمیت و زلوستی (2011) بهره‌وری نوآوری 13 صنعت در 17 کشور شامل آلمان، امریکا و دانمارک با شناسایی شماری از صنایع با تکنولوژی بالا محاسبه و مقایسه کرد.

مطالعات توصیف شده در بالا بهره‌وری نوآوری را با استفاده از روشهای DEA مختلف اندازه‌گیری می‌کند، اما همه فرآیند نوآوری سرمایه‌گذاری را بعنوان یک جعبه سیاه می‌بینند، جایکه فرآیند یک فرآیند تک مرحله‌ای تبدیل

ورودی به خروجی است. این نوع از مطالعات مکانیک داخلی سیستم نوآوری را ارزیابی نمی‌کند و نشان نمی‌دهد که چگونه سیستمهای عملیاتی داخلی و فرآیندهای همراه با نوآوری بر روی بهره‌وری نوآوری یکپارچه تاثیر می‌گذارند. فرآیندهای نوآوری تک مرحله‌ای عمل تولید را منعکس نمی‌کنند. در حقیقت، فرآیندهای نوآوری در صنایع و کسب و کارهای با فناوری بالا شامل دو فاز است: توسعه فناوری بالادستی و تغییر اقتصادی پایین دستی. برای این دلیل، برخی از محققین یک مدل DEA دو مرحله‌ای را برای ارزیابی بهره‌وری نوآوری به کار برده‌اند. گان و چن (2010) از مدل DEA شبکه ارتباطی برای مقایسه بهره‌وریهای صنایع با فناوری بالا در 26 استان چین بین سالهای 2002 و 2003 استفاده کرد. آنها دریافتند که بهره‌وری تجاری بهتر از بهره‌وری تحقیق و توسعه است و بهره‌وری نوآوری کلی با بهره‌وری تجاری به شدت در ارتباط است.

مطالعه بعدی بهره‌وری نوآوری یک سطح ملی را با بررسی فرآیندهای تولید دانش بالادستی و فرآیندهای تجاری-سازی دانش پایین دستی در 30 کشور اندازه‌گیری کرد. کولمن و همکاران (2012) بطور تجربی بهره‌وری نوآوری صنعتی را در سازمانی برای همکاری اقتصادی و پیشرفت کشورها با استفاده از روش DEA دومرحله‌ای شبه پارامتری مطالعه می‌کنند. این مطالعه اندازه‌گیریها را برای بهینه‌سازی تخصیص منابع بهبود داد. وانگ و همکاران (2013) فاز اول فرآیند نوآوری را به تولید پایه و کارهای تحقیق و توسعه تقسیم کرد و بهره‌وریهای سودآوری و بازاریابی 65 سرمایه‌گذاری با فناوری بالای کشور تایوان را بین سالهای 2006 و 2007 تخمین زد. این مطالعه یک ماتریس تصمیم‌گیری تحقیق و توسعه را برای شناسایی منابع عملیاتی و بهره‌وری تحقیق و توسعه شرکتهای با تکنولوژی بالا ایجاد می‌کند. روش DEA دو مرحله‌ای برای مطالعه بانکهای تجاری، بیمه و سیستمهای صنعتی به کار برده شده است.

اکثر مطالعات بهره‌وری نوآوری بر روی سطح کلان تمرکز کرده‌اند، مانند یک منطقه جغرافیایی یا یک صنعت. مطالعات کمتری سرمایه‌گذاریهای در سطح خرد را بررسی کرده‌اند، مانند سرمایه‌گذاریهای انرژی جدید. بسیاری از مطالعات از روش DEA شعاعی برای محاسبه بهره‌وری نوآوری دومرحله‌ای استفاده می‌کنند. این روش نمی‌تواند برای نارکارآمدی همراه با سستی‌های غیر شعاعی هر ورودی و خروجی به کار آید. به این ترتیب این مطالعه از یک

روش DEA غیرشعاعی و یک فرآیند نوآوری دومرحله‌ای برای محاسبه بهره‌وری نوآوری یکپارچه و بهره‌وری در طول فازهای توسعه‌ای مختلف با تمرکز بر سرمایه‌گذاریهای جدید انرژی استفاده کرد. این مطالعه استراتژیهای بهینه‌سازی مربوطه را بر اساس حالت‌های مختلف بهره‌وری نیز پیشنهاد می‌دهد.

3. مدل DEA غیرشعاعی بهره‌وری نوآوری دو مرحله‌ای

3.1 مراحل فعالیت‌های نوآوری

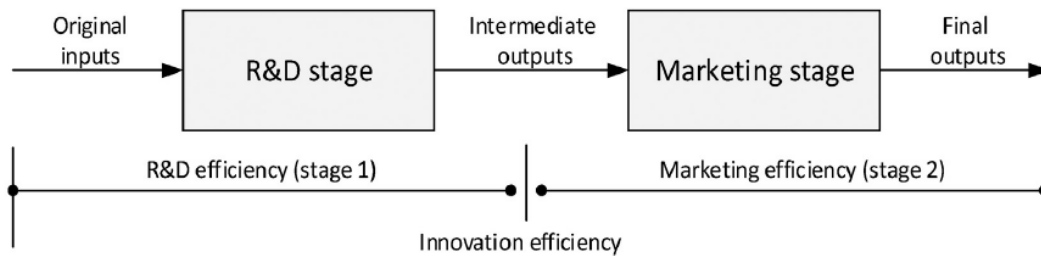
شامپیتز، بنیانگذار نظریه نوآوری، نوآوری را بصورت یک ترکیب جدید از فاکتورهای تولید از چشم‌انداز فرآیند تولید استفاده کرد. ترکیبی از فاکتورهای تولید بطور مستقیم بهره‌وری نوآوری را تحت تاثیر قرار می‌دهد، فرآیند نوآوری سرمایه‌گذاری شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌های نوآوری شامل تحقیق، توسعه و گسترش است.

ورودیهای فعالیت نوآوری شامل نیروی انسانی، امور مالی و منابع می‌باشد. خروجیها شامل خروجیهای حدوسط مرحله تحقیق و توسعه و خروجی‌های نهایی تجاری سازی تکنولوژی است (مانند سود و ارزش بازار). خروجیهای حدوسط (مانند دستاوردهای تکنولوژیکی و علمی، محصولات جدید) از نتایج مرحله تحقیق و توسعه هستند اما بصورت پایه و اصولی برای بازاریابی فناوری نیز در نظر گرفته می‌شوند. این نتایج در دو مرحله فعالیت نوآوری در سرمایه‌گذاری جدید از جمله در سرمایه‌گذاریهای جدید انرژی می‌باشد.

اولین مرحله در فرآیند تحقیق و توسعه که شامل ورودیهای تحقیق و توسعه و محصولات و فناوری جدید است. این فرآیند بهره‌وری تحقیق و توسعه را با ارزیابی ورودیها و خروجیهای منبع نوآوری اندازه می‌گیرد. مرحله دوم از خروجیهای تحقیق و توسعه برای به دست آوردن سود و ایجاد ارزش بازار استفاده می‌کند. این فرآیند بهره‌وری بازار را منعکس می‌کند و تبدیل دستاوردهای تحقیق و توسعه را به سودهای اقتصادی ارائه می‌دهد. دو مرحله مستقل از هم نیستند، آنها توسط خروجیهای مرحله تحقیق و توسعه به هم ارتباط دارند. هر دو مرحله با هم بهره‌وری نوآوری یکپارچه را ارتقا می‌دهند.

3.2 مدل بهره‌وری نوآوری دو مرحله‌ای

این مطالعه فرض می‌کند که N سرمایه‌گذاری جدید انرژی وجود دارد، که توسط $DMU_j (j = 1, 2, \dots, N)$ مشخص می‌شود. هر DMU دارای ورودیهای $(x_i, i = 1, \dots, I)$ و خروجیهای حدوسط $R(y_r, r = 1, \dots, R)$ از اولین مرحله نوآوری یعنی تحقیق و توسعه است. پس، خروجیهای حدوسط R مرحله دوم را تغذیه می‌کنند (بازاریابی، تجاری-سازی).



شکل 1. تقسیم‌بندی مرحله‌ای فعالیتهای نوآوری

مرحله دوم خروجی نهایی $K(y_k, k = 1, \dots, K)$ را دارد. بنابراین، فناوری تولید (T) بصورت معادله 1 تعریف می‌شود:

$$T = \left\{ (x_i, y_r, y_k) : x_i \text{ can produce } y_r \text{ during R\&D stage,} \right. \\ \left. \text{and } y_r \text{ can produce } y_k \text{ during marketing stage} \right\} \quad (1)$$

x_i می‌تواند y_r را در طول مرحله تحقیق و توسعه ایجاد کند و y_r می‌تواند y_k را در طول مرحله بازاریابی تولید کند. فرض می‌شود که فناوری تولید مربوط به T یک مجموعه بسته با تحدب محدود باشد. بعلاوه، فرض می‌شود که ورودیها و خروجیها قویا و آزادانه قابل عرضه باشند. با استفاده از مدل DEA، معادله 2 فناوری تولید را تحت فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS) برای مرحله تحقیق و توسعه (T^D) تعریف می‌کند. معادله 3 فناوری تولید را تحت شرایط CRS برای مرحله بازاریابی (T^M) تعریف می‌کند.

$$T^D = \left\{ (x, y) : \begin{array}{ll} \sum_{j=1}^N \lambda_j^D x_{ij}^D \leq x_{ij}^D & i = 1, \dots, I, \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j^D y_{rj}^D \geq y_{rj}^D & r = 1, \dots, R, \\ \lambda_j^D \geq 0 & j = 1, \dots, N \end{array} \right\} \quad (2)$$

$$T^M = \left\{ (x, y) : \begin{array}{ll} \sum_{j=1}^N \mu_j^M y_{rj}^D \leq x_{ij}^D & r = 1, \dots, R, \\ \sum_{j=1}^N \mu_j^M y_{kj}^M \geq y_{kj}^M & k = 1, \dots, R, \\ \mu_j^M \geq 0 & j = 1, \dots, N \end{array} \right\} \quad (3)$$

در معادلات 2 و 3، بالانویس D مربوط به مرحله تحقیق و توسعه و بالانویس M مربوط به مرحله بازاریابی است. متغیرهای λ_j^D, μ_j^M به ترتیب وزنهای سرمایه‌گذاری j همراه با مراحل بازاریابی و تحقیق و توسعه را ارائه می‌دهند. برای شناسایی سستی‌های موجود در ورودیها و خروجیها، روشهای DEA شعاعی ارائه شده توسط CRS و بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS) بطور نسبی ورودیها را کاهش و خروجیها را افزایش می‌دهد.

این روشها برای سستی‌های مختلف هر رودی و خروجی به کار نمی‌آید. در عوض با دنبال کردن مطالعه چن و همکاران (2012) این مقاله یک روش غیرشعاعی را با ترکیب تابع فاصله با اندازه‌گیری راسل ناکارآمدی تطبیق می‌دهد. این کار اجازه مقیاس‌گذاری همزمان ورودیها و خروجیها را می‌دهد و همه سستی‌های مربوط به ورودی و خروجی را دربر می‌گیرد.

با استفاده از مدل CRS، مدلهای ورودی جهت دار و خروجی جهت دار نیز همان نتایج را به ما می‌دهند. برای مدل DEA غیر شعاعی، جهت مختلف نتایج مختلفی را ایجاد می‌کند زیرا هر ورودی و خروجی بطور غیر متناسب مقیاس‌گذاری شده است. بنابراین، جهت دار کردن مدل بصورت ورودی جهت دار و خروجی جهت دار قبل از استفاده از مدل DEA غیرشعاعی برای ارزیابی بهره‌وری اهمیت دارد.

برای این مرحله نوآوری، پیشنهاد کردیم بهره تحقیق و توسعه شامل انقباض ورودیها تا حد ممکن بدون تنظیم خروجیهای تحقیق و توسعه است. همینطور برای ورودی جهت دار. با توجه به مقدار خاص خروجی تحقیق و توسعه، ما می‌خواهیم که خروجیهای نهایی را پیشنهاد کنیم. بنابراین، مدل خروجی جهت دار برای ارزیابی بهره‌وری مرحله

دوم (بازاریابی) استفاده می‌شود. این جهت مخلوط این واقعیت را که خروجیهای حدوسط نمی‌توانند در همان مدل مانند مراحل دیگر قرار بگیرند را تطبیق می‌دهد. برای مثال، یک مدل خروجی جهت دار را که برای هر مرحله استفاده شده است را در نظر بگیرید. اگر عملکرد مرحله تحقیق و توسعه با افزایش خروجی حدوسط با استفاده از مدل DEA جهت دار بهبود پیدا کند، خروجیهای حدوسط ممکن است بهره‌وری مرحله بازاریابی را در یک خروجی جهت دار جاگذاری کنند.

این مطالعه پتانسیل کاهش ورودیها و همچنین افزایش خروجیهای فعالیت نوآوری را تصدیق می‌کند. این کار با استفاده از یک شاخص بهره‌وری نوآوری و شاخصهای بهره‌وری زیر مرحله‌ای صورت گرفت. ما مدل DEA غیرشعاعی را تحت فرض CRS برای بیشینه کردن ترکیب مفید همه سستی‌های ورودی و خروجی همانطور که در شکل 4 نشان داده شده است تعریف می‌کنیم.¹

$$IP = \vec{D} \left(x_i^j, y_i^j, y_k^j; g_x, g_y \right) = \max \frac{1}{2} (IP^D + IP^M) \\ = \max \frac{1}{2} \left(\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \alpha_i^D + \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \beta_k^M \right) \quad (4)$$

این عبارت منوط به معادلات زیر است:

آ. مرحله تحقیق و توسعه

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j^D x_{ij}^D \leq (1 - \alpha_i^D) x_{ij}^D \quad i = 1, \dots, I \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j^D y_{rj}^D \geq y_{rj}^D \quad r = 1, \dots, R \\ \lambda_j^D \geq 0 \quad j = 1, \dots, N \quad (4-1)$$

ب. مرحله بازاریابی

دو مرحله‌ای را در چهار گروه طبقه‌بندی کرد. 1) روش دو مرحله‌ای DEA هالکوس و همکاران (2014) کارهای صورت گرفته بر روی مدل‌های شبکه‌ای (3) روش دو مرحله‌ای رابطه‌ای با در نظر گرفتن هر رابطه ریاضی که DEA مستقل (2) روش دوم مرحله‌ای مرتبط شامل مدل زنجیره ارزش و شبکه‌ای دو مرحله‌ای DEA شبکه‌ای وجود دارد. اول، DEA بین آنها وجود دارد (4) روش تئوری بازی. تفاوتی بین مدل استفاده شده در اینجا و مدل‌های ای ارائه شده توسط گروسکوف (1996) منتهی به بهره‌وریهای منفرد نمی‌شود، مدل این مقاله بطور همزمان بهره‌وری یکپارچه و اختلافات را نتیجه می‌گیرد و اندازه‌گیریهای بر اساس سستی اندازه‌گیری می‌کنند. در مقابل، مدل ماتابع VRS، CRS شبکه‌ای معمول بهره‌وری را بر اساس DEA دهد. دوم، مدل‌های فاصله را با اندازه‌گیری راسل ناکارآمدی ترکیب می‌کند.

$$\begin{aligned}
\sum_{j=1}^N \mu_j^M y_{rj}^D &\leq y_{rj}^D & r = 1, \dots, R \\
\sum_{j=1}^N \mu_j^M y_{kj}^M &\geq (1 + \beta_k^M) y_{kj}^M & k = 1, \dots, K \\
\mu_j^M &\geq 0 & j = 1, \dots, N
\end{aligned} \tag{4-2}$$

در معادله 4، α_i^D مربوط به کاهش ورودی i در طول مرحله تحقیق و توسعه است، در حالیکه β_k^M مربوط به پتانسیل افزایش یافته خروجی k در طول مرحله بازاریابی است. متغیرهای شدتی مرتبط با مراحل تحقیق و توسعه و بازاریابی به ترتیب عبارتند از μ_j^M, λ_j^D . در تابع هدف، $IP^D = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \alpha_i^D$ عبارتست از مقدار متوسط پتانسیل کاهش تمام ورودیها در طول مرحله تحقیق و توسعه و $IP^M = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \beta_k^M$ مقدار متوسط افزایش تمام خروجیها در طول مرحله بازاریابی را اندازه گیری می کند. متغیر IP پتانسیل پیشرفت کلی کاهش ورودیها و افزایش خروجیها در طول فعالیتهای نوآوری را نشان می دهد. مقدار بزرگتر IP توانایی بالاتر را برای کاهش ورودیها و افزایش خروجیها نشان می دهد. اگر این مقدار برابر با صفر باشد، شرکت نمی تواند ورودیها و خروجیها را بهبود بخشد و سطح استفاده منابع خود را بهینه سازی کرده است.

چن و همکاران (2012) ناکارآمدیهای واحدهای سوزاندن در تایوان را مطالعه کردند و این ناکارآمدیها را از بین بردند. با یک روش متضاد، ما بر روی بهره‌وری سرمایه‌گذاری تمرکز کردیم. بعد از محاسبه پیشرفت‌های نسبی در ورودیها و خروجیها ما بهره‌وری تحقیق و توسعه، بهره‌وری بازاریابی و شاخصهای بهره‌وری نوآوری را تعریف کردیم. در معادله 4، با توجه به همان سطح خروجی، ورودی اضافی i در طول مرحله تحقیق و توسعه بصورت $\alpha_i^D x_i$ ارائه می شود. این اندازه گیری ناکارآمدی است، بهره‌وری بصورت $(1 - \alpha_i) x_i$ ارائه می شود، معادله 5 فاصله بین ورودی بهینه بر روی مرز تولید و ورودی واقعی را تعریف می کند.

بطور مشابه، در طول مرحله بازاریابی با توجه به مقدار خاص ورودیها، خروجیهای بیشینه بر روی بهترین مرز تولید بصورت $(1 + \beta_k) y_k$ ارائه می شود. معادله 6 نشان می دهد که بهره‌وری خروجی k برابر با نسبت خروجی واقعی به خروجی بیشینه بر روی مرز تولید است. معادلات 7 و 8 شاخصهای بهره‌وری بازار و بهره‌وری تحقیق و توسعه را

بیان می‌کنند. بهره‌وری نوآوری یکپارچه عبارتست از عملکرد جامع همه ورودیها و خروجیها در طول مراحل تحقیق و توسعه و بازاریابی. معادله 9 شاخص بهره‌وری نوآوری یکپارچه که ترکیبی از همه سطوح بهره‌وری ورودی و خروجی است را نشان می‌دهد.

$$E_i^D = \frac{(1-\alpha_i)x_i}{x_i} = 1-\alpha_i \quad (5)$$

$$E_k^M = \frac{y_k}{(1+\beta_k)y_k} = \frac{1}{1+\beta_k} \quad (6)$$

$$E^D = \sum_{i=1}^I \theta_i(1-\alpha_i) \quad (7)$$

$$E^M = \sum_{k=1}^K \varphi_k \left(\frac{1}{1+\beta_k} \right) \quad (8)$$

$$E^{IP} = \omega_1 \left(\sum_{i=1}^I \theta_i(1-\alpha_i) \right) + \omega_2 \left(\sum_{k=1}^K \varphi_k \left(\frac{1}{1+\beta_k} \right) \right) \quad (9)$$

۲

در معادلات 7 و 9، θ_i مربوط است به وزن ورودی i در طول مرحله تحقیق و توسعه، که اهمیت ورودی i را در ارزیابی بهره‌وری تحقیق و توسعه نشان می‌دهد. متغیر φ_k مربوط به وزن خروجی k است و اهمیت آنرا نشان می‌دهد. متغیرهای ω_1, ω_2 وزنه‌های مربوط به هر دو مرحله است. زمانیکه $\alpha_i = \beta_k = 0$ ، سرمایه‌گذاری انرژی جدید ورودیها و خروجیها را در طی فرآیند نوآوری بدون هیچ پتانسیل پیشرفت بیشتر بهینه‌سازی کرده است. در این مورد، هر دو بهره‌وری تحقیق و توسعه و بهره‌وری بازاریابی برابر با یک هستند و بهره‌وری نوآوری یکپارچه نیز برابر با یک است.

² با در نظر گرفتن مراحل تحقیق و توسعه و بازاریابی بعنوان حوزه‌های مورد توجه برای سرمایه‌گذاریها، فاکتورهای مختلف در همان مرحله همان اهمیت را به اشتراک می‌گذارند. بنابراین، این مقاله وزن یکسانی را برای هر فاکتور در همان مرحله می‌دهد ($\theta_i = 1/I, \varphi_k = 1/K$) و به مراحل دوگانه نیز همان وزن داده می‌شود ($\omega_1 = \omega_2 = 1/2$).

4. تحلیل تجربی و بحث

4.1 داده‌ها و نمونه

با استفاده از پایگاه اطلاعاتی IFinD که توسط شرکت شبکه اطلاعاتی Hithink Flush در چین گسترش داده شده است، ما داده‌ها را از سالهای 2007-2013 در مورد 68 سرمایه‌گذاری جدید استخراج کردیم. سرمایه‌گذاریهای با سود کلی منفی و آنهایی که با خطر لغو نامگذاری در طول این دوره مواجه شدند از نمونه حذف شدند. بر اساس داده‌های باقیمانده در دسترس، 38 سرمایه‌گذاری انرژی بعنوان نمونه در نظر گرفته شد. همه این 38 مورد در بازار سهام چین در طول سالهای 2009-2013 ذکر شده‌اند و مرتبط با توسعه انرژی جدید مانند خورشیدی، بادی و هسته‌ای بودند.

همانطور که در بالا بیان شد، تحقیق و توسعه اولین مرحله نوآوری انرژی جدید است و منابع ورودی عمدتاً نیروی انسانی، مواد و امور مالی هستند. مطابق با مطالعه ژنگ و همکاران (2011) این مطالعه نیز از هزینه‌های تحقیق و توسعه بعنوان ورودی مالی، دستمز کارکنان بعنوان ورودی منابع انسانی و ارزیابیهای ثابت سالانه بعنوان ورودی مواد استفاده کرد.

خروجیهای تحقیق و توسعه شکل فناوریهای جدید، محصولات جدید و ثبت اختراعات را تشکیل می‌دهند. همه اختراعات ثبت نمی‌شوند و ثبت اختراعات از لحاظ کیفی با هم متفاوت هستند. این مطالعه از ارزیابی‌های نرم‌افزاری بعنوان یک نماینده برای خروجیهای تحقیق و توسعه استفاده کرد. افزایش‌ها در محصولات جدید و پیشرفت فرآیند تولید نیز بطور موثری نتایج عملیاتی را ارتقا داده و درآمد را افزایش می‌دهند. بنابراین، درآمدها مانند یک شناساگر خروجی تحقیق و توسعه عمل می‌کنند.

خروجیهای تحقیق و توسعه، ورودیهای مرحله بازاریابی هستند (برای مثال، درآمدها و ارزیابی‌های نرم‌افزاری). سودهای کلی و ارزش بازار سرمایه‌گذاری انرژی جدید بعنوان خروجیهای بازاریابی عمل می‌کند. سودهای کلی سودآوری جامع سرمایه‌گذاریهای انرژی جدید که عبارتست از خروجی کسب شده در طول مرحله بازاریابی را نشان می‌دهند. ارزش بازار انتظارات مخترعین و ظرفیت رقابتی برای سرمایه‌گذاری را ارائه می‌دهد. علاوه بر داده‌های

ورودی و خروجی استخراج شده از پایگاه اطلاعاتی IFinD، داده‌ها از گزارشات سالانه برای سرمایه‌گذاریهای جدید در بازار سهام چین نیز گرفته شد. جدول 2 آمارهای توصیفی متغیرهای ورودی و خروجی را نشان می‌دهد.

4.2 نتایج و بحث

4.2.1 تحلیل کلی بر روی بهره‌وری نوآوری

شکل 2 بهره‌وری نوآوری یکپارچه و بهره‌وری در مراحل مختلف سرمایه‌گذاریها بین سالهای 2009 و 2013 را نشان می‌دهد.

جدول 1. سرمایه‌گذاریهای نمونه

No.	Stock code	No.	Stock code	No.	Stock code	No.	Stock code
1	000012.SZ	11	600290.SH	21	002130.SZ	31	002224.SZ
2	600089.SH	12	600192.SH	22	002227.SZ	32	002249.SZ
3	002132.SZ	13	601727.SH	23	002266.SZ	33	000601.SZ
4	600522.SH	14	600875.SH	24	600066.SH	34	000652.SZ
5	002090.SZ	15	000539.SZ	25	600525.SH	35	000930.SZ
6	600884.SH	16	002060.SZ	26	600686.SH	36	600406.SH
7	000969.SZ	17	600456.SH	27	000559.SZ	37	600067.SH
8	002080.SZ	18	600558.SH	28	002085.SZ	38	002224.SZ
9	002009.SZ	19	002011.SZ	29	002126.SZ		
10	002202.SZ	20	002058.SZ	30	002196.SZ		

جدول 2. آمارهای توصیفی برای 38 سرمایه‌گذاری انرژی موجود در نمونه

Stage	Variable	Unit	Mean	Median	Max	Min	Std. Dev.
Inputs in R&D stage	Fixed assets	Million CNY	2611.635	153.411	41524.036	5.316	5103.118
	Staff wages	Million CNY	546.266	78.315	6876.122	17.643	990.987
	R&D costs	Million CNY	180.390	15.124	2128.885	0.276	339.135
Outputs in R&D stage	Software assets	Million CNY	32.391	4.888	384.220	0.000	66.807
	Revenues	Million CNY	7475.554	390.337	79214.931	113.589	12958.000
Outputs in marketing stage	Total profits	Million CNY	595.052	54.800	5803.558	5.334	1037.568
	Market value	Million CNY	11959.120	3533.467	115866.200	757.401	17468.110

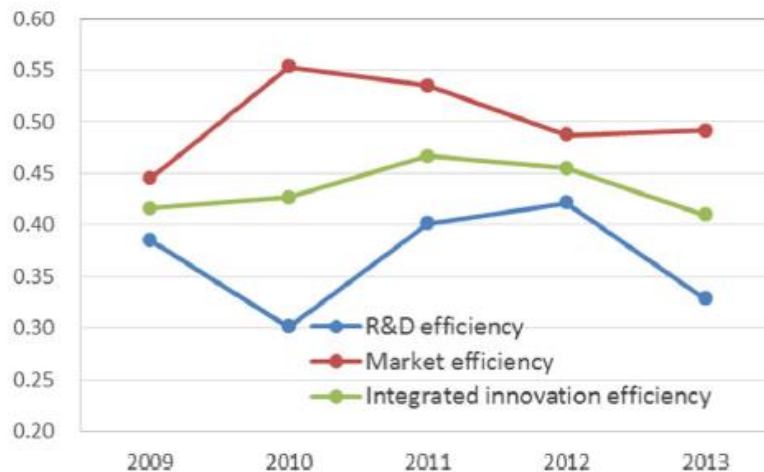
بهره‌وری نوآوری یکپارچه 38 شرکت انرژی جدید بین سالهای 2009 تا 2013 برابر بود با 0/435. این نشان می‌دهد که این 38 سرمایه‌گذاری کمتر از حد توان خود نوآوری انجام داده‌اند و پتانسیل پیشرفت قابل ملاحظه‌ای دارند. بهره‌وری تحقیق و توسعه متوسط سرمایه‌گذاریهای انرژی و بهره‌وری بازار به ترتیب 0/368 و 0/502 بودند، و انحراف استانداردهای 0/306 و 0/277 نیز برای آنها به ترتیب مشاهده شد. بهره‌وریهای پایین تحقیق و توسعه و

بازاریابی عوامل رایج محدودکننده پیشرفتهای بهره‌وری نوآوری با مهمترین کمبود بهره‌وری در مرحله تحقیق و توسعه هستند.

دو نمونه غیر پارامتری ویلکوکسون برای ارزیابی اینکه آیا بهره‌وریها از لحاظ آماری بین دو مرحله متفاوت است استفاده شد. جدول 3 نشان می‌دهد که بهره‌وری بازار از لحاظ آماری بیشتر از بهره‌وری تحقیق و توسعه بود، و بهره‌وری تحقیق و توسعه کمتر بهره‌وی‌های پایین را کنترل می‌کند. مدیریت تحقیق و توسعه باید قوی باشد و سرمایه‌گذاریهای تحقیق و توسعه باید از هدر رفتن منابع پرهیز کنند.

یافته ما که بهره‌وری بازار بهتر از بهره‌وری تحقیق و توسعه است مطابق با مطالعه گوان (2010) می‌باشد، او در یافت که بهره‌وری تحقیق و توسعه پتانسیل تحت سواستفاده بیشتری از بهره‌وری تجاری دارد. با این حال، زمانیکه بهره‌وری دو مرحله‌ای شرکتهای با فناوری بالای تایوانی را بررسی می‌کرد دریافت که بهره‌وری تحقیق و توسعه متوسط بزرگتر از بهره‌وری بازاریابی بود. این اختلاف ممکن است به دلیل موضوعات یا دوره‌های مختلف تحقیق باشد.

زمانی که نمودار رسم شد، بهره‌وری نوآوری یکپارچه یک رون U شکل را نشان می‌دهد: یک روند روبه بالای ابتدایی وجود دارد، پیک بهره‌وری نوآوری در سال 2011، و سپس بهره‌وری افت می‌کند. در سپتامبر 2010، دولت چین شورای دولتی برای تسریع توسعه استراتژیک صنایع در حال ظهور را آغاز کرد. صنایع انرژی جدید بصورت یک حوزه استراتژیکی در حال ظهور کلیدی فهرست‌بندی شدند. این تصمیم منجر به تسریع قابل ملاحظه‌ای در بروزرسانی‌های فناوری و تحقیق و تجاری‌سازی که بهره‌وری را بهبود بخشید شد. روند بهره‌وری تحقیق و توسعه نیز بهره‌وری بازار در جهت‌های مخالفی حرکت می‌کنند. برای شرکتهای سخت است که هر دوی تحقیق و توسعه فناوری و تحول تحقیق را داشته باشند. زمانیکه برای بهبود بهره‌وری یک مرحله خاص تلاش می‌کند، ممکن است بهره‌وری دیگر حوزه‌ها متحمل رنج باشند.



شکل 2. بهره‌وری نوآوری دومرحله‌ای و یکپارچه در تمام دوره مطالعه

4.2.2 بهره‌وری نوآوری انواع مختلف

نوع صنعتی یک فاکتور در بهره‌وری نوآوری برای هر دو مراحل تحقیق و توسعه و بازاریابی است، همینطور ما اختلافات بهره‌وری را بر اساس نوع انرژی جدید مورد بررسی ارزیابی کردیم. انرژی خورشیدی، انرژی بادی و انرژی هسته‌ای مهمترین منابع انرژی جدید در چین هستند. جدول 4 و شکل 3 نیز بر روی بهره‌وری نوآوری این انواع سرمایه‌گذاریهای انرژی تمرکز دارد.

شاخص بهره‌وری نوآوری یکپارچه سرمایه‌گذاریهای توان هسته‌ای بیشتر از بقیه بود و برابر با 0/500 بود. سرمایه‌گذاریهای انرژی خورشیدی و بادی بهره‌وریهای نوآوری مشابهی را داشتند که به ترتیب برابر با 0/399 و 0/398. هر دو زیر متوسط قرار دارند. بهره‌وری توان هسته‌ای و انرژی بادی ابتدا در طول مطالعه کاهش داشتند و سپس افزایش پیدا کردند. هر دو بین سالهای 2009 و 2011 مشابه بودند. با شروع سال 2011، بهره‌وری نوآوری سرمایه‌گذاریهای بادی بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کردند. در سال 2013 نیز این کاهش وجود داشت که منجر به کمترین سطح آن شد.

برای بهره‌وری تحقیق و توسعه، بهره‌وری انرژی بادی بیشترین مقدار و برابر با 0/447 بود، و انرژی خورشیدی کمترین مقدار و برابر با 0/248 بود. این ممکن است توسط نرخ توجه بالای بازار تولید تجهیزات توان بادی در زمینه انرژی جدید کنترل شود. این به سرمایه‌گذاریهای انرژی بادی اجازه می‌دهد که منابع و قابلیت‌های برتر خود را بر روی بهبود بهره‌وری تحقیق و توسعه قرار دهند. نوسانات بهره‌وری تحقیق و توسعه هر سه سرمایه‌گذاری انرژی مطابق با بهره‌وری نوآوری یکپارچه است. بهره‌وری تحقیق و توسعه سرمایه‌گذاریهای خورشیدی و هسته‌ای به کمترین مقدار خود در سال 2010 سقوط کرد و سپس بطور مداوم پیشرفت داشت. بهره‌وریها در سال 2012 به اوج خود رسیدند و سپس بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کردند. نوسانات در بهره‌وری تحقیق و توسعه سرمایه‌گذاریهای انرژی بادی دیده شدند. پیک آن در 0/594 و در سال 2011 بود که با کاهش ناگهانی 50/8 درصد به 0/292 در سال 2013 همراه بود. این به دلیل بهره‌وری در حال کاهش ارزیابی‌های ثابت در مرحله تحقیق و توسعه بود.

بهره‌وری بازار متوسط انرژی خورشیدی، انرژی بادی و انرژی هسته‌ای به ترتیب برابر با 0/550، 0/349 و 0/604 بود. در میان اینها بهره‌وری بازار سرمایه‌گذاریهای انرژی بادی زیر متوسط بود، بهره‌وری بازار انرژی خورشیدی و هسته‌ای بالای متوسط بودند.

شکل 3 مقادیر بهره‌وری نوآوری متوسط را در طول مراحل نوآوری تحقیق و توسعه و بازاریابی برای این سه نوع از انرژی نشان می‌دهد. سرمایه‌گذاریهای هسته‌ای و خورشیدی بهره‌وری بازار بزرگتری از بهره‌وری تحقیق و توسعه دارند، این بهره‌وری کمتر عامل عمده بهره‌وری نوآوری ضعیف این سرمایه‌گذاریها است. برای مثال، برای سرمایه‌گذاریهای انرژی خورشیدی، بهره‌وری تحقیق و توسعه کمتر از نصف بهره‌وری بازار است. برای به تعادل رساندن نوآوری در مراحل تحقیق و توسعه و بازاریابی، تمرکز سرمایه‌گذاریهای انرژی خورشیدی باید بر روی ارتقای بهره‌وری تحقیق و توسعه باشد.

برای سرمایه‌گذاریهای انرژی باد، بهره‌وری تحقیق و توسعه بزرگتر از بهره‌وری بازاریابی است، پیشرفته‌ها در مدیریت در طول مرحله بازاریابی منجر به انتقال قوی دستاوردهای تحقیق و توسعه به کاربردهای تجاری می‌شود. بعلاوه، شکاف بین بهره‌وری تحقیق و توسعه سرمایه‌گذاری و بهره‌وری بازار در مقایسه با انرژی خورشیدی کوچک است. این نشان

می‌دهد که، با وجود بهره‌وری نوآوری یکپارچه، سرمایه‌گذاری‌های توان بادی رابطه بین تحقیق و توسعه و بازاریابی را هماهنگ و متعادل می‌کنند.

4.2.3 استراتژی بهبود بهره‌وری نوآوری

برای این مرحله از تحلیل، ما مقدار بهره‌وری توسعه را بصورت بعد افقی و بهره‌وری بازار را بصورت بعد عمودی در نظر گرفتیم.

جدول 3. نتایج تست رتبه‌بندی ویلکوکسون

	Null hypothesis	Z statistic	Asymptotic significance
Market efficiency- R&D efficiency	The Median of the difference between R&D efficiency and market efficiency is 0	-2.433	0.015

Note: The significance level is 0.05.

اینها مرزها را برای ماتریس ترکیبی نشان داده شده در شکل 4 گسترش می‌دهند. سرمایه‌گذاری‌های انرژی جدید بر اساس بهره‌وری نوآوری به چهار نوع طبقه‌بندی شدند: نوع A: کارآمد و شدید نوع B: تاکید بر تحقیق و توسعه، تمرکز کمتر بر بازار نوع C: گسترده و ناکارآمد نوع D: تاکید بر بازار و تمرکز کمتر بر تحقیق و توسعه. سپس ما استراتژی‌های بهینه‌سازی ممکن را بر اساس مشخصات بهره‌وری هر نوع توصیف می‌کنیم.

مجموع پنج سرمایه‌گذاری در گروه نوع A هستند: کارآمد و شدید. این سرمایه‌گذاری‌ها سطوح بهره‌وری نسبتاً بالایی را در طول فرآیند نوآوری دارند و ممکن است معیار بهبود بهره‌وری برای دیگر سرمایه‌گذاری‌ها باشند. برای این سرمایه‌گذاری‌ها، بهبود نوآوری آنها در صورت افزایش ندادن ورودیها و خروجیها مشکل است. بنابراین، این سرمایه‌گذاری‌ها باید بر روی افزایش کیفیت نوآوری برای تحقیقات سطح بال، افزایش بهره‌وری بازار و حفظ مزایای رقابتی با تنظیم استراتژی نوآوری تمرکز کند.

مجموع 9 سرمایه‌گذاری در گروه نوع B قرار دارند: تاکید بر تحقیق و توسعه و تمرکز کمتر بر روی بازار. این سرمایه‌گذاری‌ها بهره‌وری تحقیق و توسعه بالایی دارند اما بهره‌وری بازار آنها پایین است. سرمایه‌گذاری‌های این نوع باید بهره‌وری تحقیق و توسعه خود را حفظ کنند و عملکرد کسب و کار خود را افزایش دهند. این ممکن است شامل تمرکز بر روی افزایش سود، کنترل هزینه‌های نوآوری و ایجاد ارزش بازار شود.

مجموع 15 سرمایه‌گذاری در گروه نوع C هستند: گسترده و ناکارآمد. سرمایه‌گذاریهای این گروه بطور قابل ملاحظه- ای نیروی انسانی، مواد و منابع مالی را در مرحله تحقیق و توسعه جمع کرده است. متأسفانه، سودها بطور کامل تشخیص داده نشده‌اند زیرا آنها بر روی عواملی مانند کیفیت سرمایه‌گذاری و عملکرد کسب و کار در مرحله بازاریابی تمرکز نداشتند. این منجر به بهره‌وری بازاریابی پایینتر شد. این سرمایه‌گذاریها باید نوآوری را در هر دو بازاریابی و تحقیق و توسعه افزایش دهند.

مجموع نه سرمایه‌گذاری در نوع D قرار می‌گیرند. این گروه بر روی بازار تاکید دارد، که منجر به بهره‌وری پایین در مرحله تحقیق و توسعه می‌شود. این الگوها نشان می‌دهد که تحقیق و توسعه باید افزایش پیدا کند که شامل مدیریت فناوریهای هسته‌ای، و ارتقای هر دو تحقیق و توسعه و بهره‌وری نوآوری یکپارچه می‌شود. برای سرمایه‌گذاریهای نوع B,C,D سه مسیر ممکن است که بهره‌وریها را در راهی که منجر به بهره‌وری بالای تحقیق و توسعه و بازار می‌شود بهبود دهد. مسیر 1 یک مسیر بهینه‌سازی یک جانبه است.

نوع B و C می‌توانند بهره‌وری نوآوری یکپارچه خود را با بهبود مدیریت در طول مرحله بهره‌وری پایینتر افزایش دهند. مسیر 2 یک پیشرفت تدریجی است، جاییکه سرمایه‌گذاریهای نوع C از مزایای خود برای رسیدن به نوع B و D و در نهایت رسیدن به نوع A استفاده می‌کند. مسیر 3 مسیر بهینه‌سازی جهشی است، که نیازمند سرمایه- گذاریهایی است که به سرعت به تقاضای بازار پاسخ می‌دهند و منابع مالی اساسی را تامین و تحول سرمایه‌گذاری سریع را تسهیل می‌کنند.

جدول 4. بهره‌وری دو مرحله‌ای و یکپارچه برای انواع مختلف انرژی جدید

	Solar energy			Wind energy			Nuclear power		
	IP	IP^D	IP^M	IP	IP^D	IP^M	IP	IP^D	IP^M
2009	0.397	0.287	0.506	0.425	0.503	0.348	0.447	0.313	0.580
2010	0.413	0.161	0.665	0.406	0.433	0.379	0.437	0.293	0.582
2011	0.400	0.216	0.584	0.455	0.594	0.317	0.503	0.385	0.622
2012	0.414	0.338	0.489	0.392	0.414	0.370	0.584	0.528	0.640
2013	0.371	0.237	0.505	0.310	0.292	0.329	0.527	0.456	0.597
Mean	0.399	0.248	0.550	0.398	0.447	0.349	0.500	0.395	0.604

5. نتیجه‌گیری

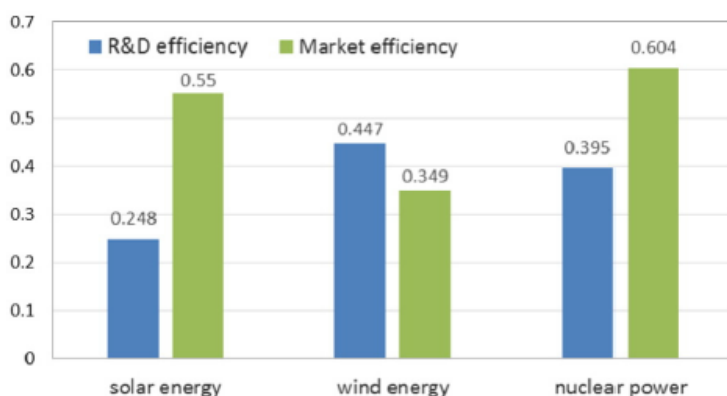
سرمایه‌گذاریهای جدید انرژی در چین غالباً دو مشکل در رابطه با نوآوری دارند: ظرفیت تحقیق و توسعه پایین و فقدان تکنولوژی هسته‌ای. افزایش قابلیت نوآوری کلیدی است برای رشد پایدار سرمایه‌گذاریهای انرژی جدید. این مقاله فعالیتهای نوآوری را به دو مرحله تقسیم کرد، و سپس 38 سرمایه‌گذاری جدید انرژی را در چین بین سالهای 2009 تا 2013 بررسی کرد. نتیجه‌گیریهای کلیدی بصورت زیر هستند.

بطور کلی، بهره‌وری نوآوری متوسط در تمام نمونه‌ها 0/435 بود. شاخصهای بهره‌وری تحقیق و توسعه و بهره‌وری بازار بطور قابل ملاحظه‌ای متفاوت بودند، در 0/368 و 0/502. بهره‌وری پایین در طول مرحله تحقیق و توسعه یک عامل کنترل‌کننده برای بهره‌وری نوآوری پایین یک سرمایه‌گذاری بودند.

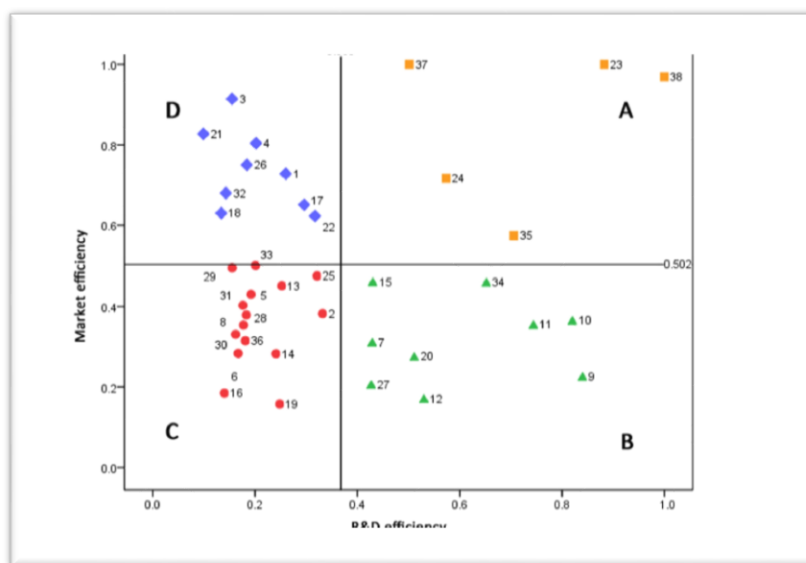
برای بهبود بهره‌وری نوآوری سرمایه‌گذاریهای انرژی جدید، سطوح بهره‌وری باید در طول تحقیق و توسعه بهبود پیدا کنند. از لحاظ بهره‌وری در چارچوب زمانی مورد مطالعه، بهره‌وری نوآوری یکپارچه بین سالهای 2009 و 2013 یک روند U شکل را نشان می‌دهند. بهره‌وری تحقیق و توسعه و بازار مشخصات متضادی را نشان می‌دهند. این نشان می‌دهد که باید تحقیق و توسعه را در نظر بگیرند و تحول دستیابی تحقیق در طول فرآیند بهینه‌سازی بهره‌وری نوآوری را بهبود بخشند.

انواع مختلف سرمایه‌گذاریهای انرژی از لحاظ بهره‌وری نوآوری بطور متفاوتی عمل کردند. سرمایه‌گذاریهای انرژی هسته‌ای بیشترین بهره‌وری نوآوری را داشتند، انرژی بادی و انرژی خورشیدی بهره‌وری نوآوری کمتری داشتند. سرمایه‌گذاریهای انرژی بادی بیشترین بهره‌وری تحقیق و توسعه را دارا بودند، توان هسته‌ای بیشترین بهره‌وری بازار را داشت. بهره‌وری تحقیق و توسعه برای انرژی خورشیدی و هسته‌ای کمتر از بهره‌وری بازار است. این سرمایه‌گذاریها باید قابلیت تحقیق و توسعه را افزایش دهند و مدیریت را برای محدود کردن شکاف بهره‌وری و تعادل بین تحقیق و توسعه و بازاریابی بهبود بخشند. سرمایه‌گذاریهای انرژی باد بهره‌وری تحقیق و توسعه بیشتری نسبت به بهره‌وری بازار دارند و باید بر روی بهبود مدیریت در طول بازاریابی و قوی کردن سرعت انتقال دستاوردهای تحقیق و توسعه تمرکز کنند.

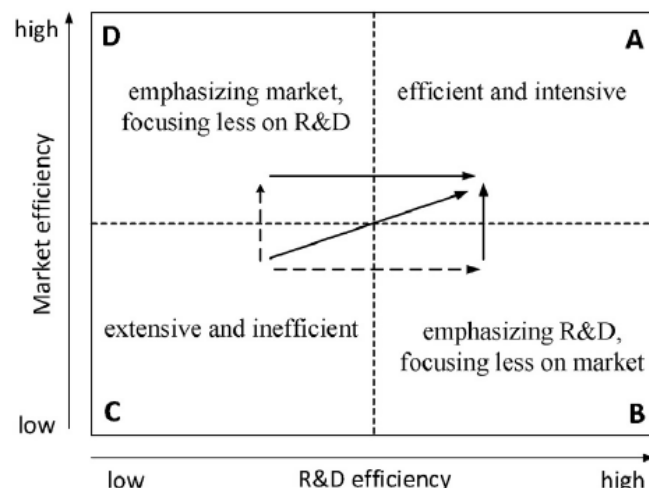
اکثر سرمایه‌گذاریهای انرژی جدید سطح نوآوری نسبتاً پایینی دارند و می‌توانند بصورت گسترده و ناکارآمد توصیف شوند. تنها تعداد کمی از سرمایه‌گذاریها را می‌توان کارآمد و شدید نامید. سرمایه‌گذاریهای با حالت‌های بهره‌وری مختلف باید استراتژیهای خود را بر اساس مشخصات بهره‌وری خود تنظیم کنند. برای سرمایه‌گذاریهای بدون بهره‌وری تحقیق و توسعه بالا اما بهره‌وری بازار بالا، سه مسیر ممکن است: مسیر بهبود یک جانبه، مسیر پیشرفت تدریجی و مسیر پیشرفت جهشی. بهترین مسیر بستگی به توانایی‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌وریهای فعلی دارد.



شکل 3. بهره‌وریهای نوآوری دومرحله‌ای برای انواع مختلف سرمایه‌گذاریهای انرژی جدید



شکل 4. ماتریس بهره‌وری نوآوری دو مرحله‌ای



شکل 5. استراتژی بهره‌وری نوآوری

References

- Aigner, D., Lovell, C.K., Schmidt, P., 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *J. Econ.* 6 (1), 21–37.
- Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Manag. Sci.* 30 (9), 1078–1092.
- Battese, G.E., Coelli, T.J., 1995. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empir. Econ.* 20 (2), 325–332.
- Becheikh, N., Landry, R., Amara, N., 2006. Lessons from innovation empirical studies in the manufacturing sector: a systematic review of the literature from 1993–2003. *Technovation* 26 (5), 644–664.
- Bian, Y., Liang, N., Xu, H., 2015. Efficiency evaluation of Chinese regional industrial systems with undesirable factors using a two-stage slacks-based measure approach. *J. Clean. Prod.* 87, 348–356.
- Blum, N.U., Bening, C.R., Schmidt, T.S., 2015. An analysis of remote electric mini-grids in Laos using the Technological Innovation Systems approach. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 95, 218–233.
- BP, 2013. Statistical review of World energy. (Available at <http://www.bp.com/zh_cn/china/reports-and-publications/bp_2013.html>).
- Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E., 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *Eur. J. Oper. Res.* 2 (6), 429–444.
- Charoenrat, T., Harvie, C., 2014. The efficiency of SMEs in Thai manufacturing: a stochastic frontier analysis. *Econ. Model.* 43, 372–393.
- Chen, C.J., Wu, H.L., Lin, B.W., 2006. Evaluating the development of high-tech industries: Taiwan's science park. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 73 (4), 452–465.
- Chen, P.C., Chang, C.C., Yu, M.M., Hsu, S.H., 2012. Performance measurement for incineration plants using multi-activity network data envelopment analysis: the case of Taiwan. *J. Environ. Manag.* 93 (1), 95–103.
- Chen, Y., Cook, W.D., Li, N., Zhu, J., 2009. Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. *Eur. J. Oper. Res.* 196 (3), 1170–1176.
- Chiu, C.R., Chiu, Y.H., Chen, Y.C., Fang, C.L., 2016. Exploring the source of metafrontier inefficiency for various bank types in the two-stage network system with undesirable output. *Pac. Basin Financ. J.* 36, 1–13.
- Chiu, C.R., Lu, K.H., Tsang, S.S., Chen, Y.F., 2013. Decomposition of meta-frontier inefficiency in the two-stage network directional distance function with quasi-fixed inputs. *Int. Trans. Oper. Res.* 20 (4), 595–611.

- Chiu, Y.H., Huang, C.W., Chen, Y.C., 2012. The R&D value-chain efficiency measurement for high-tech industries in China. *Asia Pac. J. Manag.* 29 (4), 989–1006.
- Cullmann, A., Schmidt-Ehmcke, J., Złoczysti, P., 2012. R&D efficiency and barriers to entry: a two stage semi-parametric DEA approach. *Oxf. Econ. Pap.* 64 (1), 176–196.
- Färe, R., Grosskopf, S., 1996. Productivity and intermediate products: a frontier approach. *Econ. Lett.* 50 (1), 65–70.

- Fukuyama, H., Weber, W.L., 2009. A directional slacks-based measure of technical inefficiency. *Socio Econ. Plan. Sci.* 43 (4), 274–287.
- Griliches, Z., 1990. Patent statistics as economic indicators: a survey (No. w3301). *Natl. Bur. Econ. Res.*
- Guan, J., Chen, K., 2010a. Measuring the innovation production process: a cross-region empirical study of China's high-tech innovations. *Technovation* 30 (5), 348–358.
- Guan, J., Chen, K., 2010b. Modeling macro-R&D production frontier performance: an application to Chinese province-level R&D. *Scientometrics* 82 (1), 165–173.
- Guan, J., Chen, K., 2012. Modeling the relative efficiency of national innovation systems. *Res. Policy* 41 (1), 102–115.
- Halkos, G.E., Tzeremes, N.G., Kourtzidis, S.A., 2014. A unified classification of two-stage DEA models. *Surv. Oper. Res. Manag. Sci.* 19 (1), 1–16.
- Hall, B.H., Ziedonis, R.H., 2001. The patent paradox revisited: an empirical study of patenting in the US semiconductor industry, 1979–1995. *RAND J. Econ.* 101–128.
- Hashimoto, A., Haneda, S., 2008. Measuring the change in R&D efficiency of the Japanese pharmaceutical industry. *Res. Policy* 37 (10), 1829–1836.
- Kao, C., Hwang, S.N., 2008. Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: an application to non-life insurance companies in Taiwan. *Eur. J. Oper. Res.* 185 (1), 418–429.
- Li, X., 2009. China's regional innovation capacity in transition: an empirical approach. *Res. Policy* 38 (2), 338–357.
- Liadaki, A., Gaganis, C., 2010. Efficiency and stock performance of EU banks: is there a relationship? *Omega* 38 (5), 254–259.
- Luenberger, D.G., 1992. Benefit functions and duality. *J. Math. Econ.* 21 (5), 461–481.
- Moon, H.S., Lee, J.D., 2005. A fuzzy set theory approach to national composite S&T indices. *Scientometrics* 64 (1), 67–83.
- Wang, C.H., Lu, Y.H., Huang, C.W., Lee, J.Y., 2013a. R&D, productivity, and market value: an empirical study from high-technology firms. *Omega* 41 (1), 143–155.
- Wang, E.C., Huang, W., 2007. Relative efficiency of R&D activities: a cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach. *Res. Policy* 36 (2), 260–273.
- Wang, Q., Zhao, Z., Zhou, P., Zhou, D., 2013b. Energy efficiency and production technology heterogeneity in China: a meta-frontier DEA approach. *Econ. Model.* 35, 283–289.
- Wanke, P., Barros, C.P., 2016. Efficiency drivers in Brazilian insurance: a two-stage DEA meta frontier-data mining approach. *Econ. Model.* 53, 8–22.
- Zhang, N., Choi, Y., 2013a. Total-factor carbon emission performance of fossil fuel power plants in China: a metafrontier non-radial Malmquist index analysis. *Energy Econ.* 40, 549–559.
- Zhang, N., Choi, Y., 2013b. Environmental energy efficiency of China's regional economies: a non-oriented slacks-based measure analysis. *Soc. Sci. J.* 50 (2), 225–234.
- Zhang, N., Choi, Y., 2014. A note on the evolution of directional distance function and its development in energy and environmental studies 1997–2013. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 33, 50–59.
- Zhang, N., Xie, H., 2015. Toward green IT: modeling sustainable production characteristics for Chinese electronic information industry, 1980–2012. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 96, 62–70.
- Zhong, W., Yuan, W., Li, S.X., Huang, Z., 2011. The performance evaluation of regional R&D investments in China: an application of DEA based on the first official China economic census data. *Omega* 39 (4), 447–455.
- Zhou, P., Ang, B.W., Wang, H., 2012. Energy and CO₂ emission performance in electricity generation: a non-radial directional distance function approach. *Eur. J. Oper. Res.* 221 (3), 625–635.
- Schmidt-Ehmcke, J., Złoczysti, P., 2011. Industries at the world technology frontier: measuring R&D efficiency in a non-parametric DEA framework (no. 8579). *CEPR Discussion Papers*.
- Schumpeter, J.A., 1934. *The Theory of Economic Development: an Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. 55. Transaction Publishers.
- Seiford, L.M., Zhu, J., 1999. Profitability and marketability of the top 55 US commercial banks. *Manag. Sci.* 45 (9), 1270–1288.
- Sharma, S., Thomas, V., 2008. Inter-country R&D efficiency analysis: an application of data envelopment analysis. *Scientometrics* 76 (3), 483–501.
- Su, J., Zhang, H.W., 2012. From R&D to R&3D: a framework for new energy technology innovation and its policy implications. *China Soft Sci.* 3, 93–99 (In Chinese).
- The Economic Observer, 2015. The hollowing out of core components leading to the marketization of new energy vehicle worried. (Available at <<http://www.eeo.com.cn/2015/0130/271908.shtml>>, January 30).
- Tigabu, A.D., Berkhout, F., van Beukering, P., 2015. The diffusion of a renewable energy technology and innovation system functioning: comparing bio-digestion in Kenya and Rwanda. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 90, 331–345.
- Tone, K., Tsutsui, M., 2009. Network DEA: a slacks-based measure approach. *Eur. J. Oper. Res.* 197 (1), 243–252.
- Wang, C.H., Gopal, R.D., Zions, S., 1997. Use of data envelopment analysis in assessing information technology impact on firm performance. *Ann. Oper. Res.* 73, 191–213.