«مدیریت بهره‌وری»
سال دوازدهم- شماره چهل و پنج - تابستان 1397
ص ص: 92 - 71
تاریخ دریافت: 95/08/16
تاریخ پذیرش: 97/01/21

بکارگیری رویکرد تلفیقی تحلیل پوششی داده ها و مدل اندرسون-پترسون برای ارزیابی انواع کارایی نسبی صنعت بنادر کانتینری خاورمیانه

آزیتا حاجی‌زاده[*1]
دکتر سیدناصر سعیدی[2]
دکتر عامر کعبی[3]
دکتر همایون یوسفی[4]
مصطفی زارع دوست[5]

چکیده

هدف مطالعهٔ حاضر ارزیابی کارایی نسبی بنادرکانتینری عمدهٔ خاورمیانه و شناسایی بنادرکارا برای سال‌های2011 تا 2013 می‌باشد. روش تحقیق حاضر از نوع تحلیلی-کاربردی بوده و برای جمع‌آوری داده‌های تحقیق از سایت اینترنتی سازمان بنادر و دریانوردی، مجله بین‌المللی مدیریت کانتینر و سایت رسمی هر بندر استفاده گردیده است. در این تحقیق ابتدا با استفاده از دو مدل اساسی تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، سی‌سی‌آر[6] و بی‌سی‌سی[7] خروجی محور،کارایی نسبی بنادرکانتینری عمده منطقهٔ خاورمیانه، در بازه زمانی2013-2011 ارزیابی گردید و سپس براساس نتایج حاصل، بنادرکارا با استفاده از روش اندرسون-پیترسون رتبه‌بندی شدند. براساس نتایج مدل سی‌سی‌آر خروجی محور، بندرخورفکان بالاترین ضریب کارایی را داشته و بندرامام خمینی(ره)،در طول سه سال ضعیف‌ترین بندر از این حیث بوده است. براساس نتایج مدل بی سی سی خروجی محور، بنادر بوشهر، جبل علی، خورفکان و اسکندریه، بالاترین ضریب کارایی را داشتند و بندر امام خمینی(ره)،در طول سه سال ضعیف‌ترین بندر از این حیث بوده است. بنادر در بازه زمانی موردنظر، دارای بازده نسبت به مقیاس متغیر بوده‌اند و تنها بندر خورفکان و اسکندریه تحت بازدهی به مقیاس ثابت عمل کرده‌اند. میانگین کارایی تکنیکی سراسری بنادر مورد کاوی در بازهٔ زمانی مدنظر،54,3 درصد و میانگین کارایی تکنیکی موضعی 73 درصد محاسبه شده است.

واژه های کلیدی: حمل‌و نقل دریایی، بنادر کانتینری، خاورمیانه، کارایی، تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها

1-کارشناسی ارشد،دانشکده اقتصاد و مدیریت دریا،دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر(نویسنده مسؤول) Hajizadeh.azita@yahoo.com
2-استادیار،دانشکده اقتصاد و مدیریت دریا،دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر،N.saeidi@kmsu.ac.ir
3-استادیار،دانشکده مهندسی دریا،دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر،k.amer@kmsu.ac.ir
4-استادیار،دانشکده اقتصاد و مدیریت دریا،دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهرh.yousefi@kmsu.ac.ir
5-مربی،دانشکده اقتصاد و مدیریت دریا،دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، zaredoost@yahoo.com
6.Charnes, Cooper, Rhodes (CCR)
7.Bander, Charnes, Cooper (BCC)

مقدمه

بنادر از جمله عوامل تسریع در فرایند توسعهٔ اقتصاد ملی و منطقه‌ای و یکی از حلقه‌های اصلی حمل و نقل دریایی و مبادی ورود و خروج کالا به شمار می‌روند که در سراسر دنیا، حکم دارایی‌های راهبردی ملی را دارند. بنادر کاراو فعال، علاوه بر تنوع در صادرات و خروج از اقتصاد تک محصولی، نقش ارزشمندی در کاهش بهای تمام شده کالاها دارند و با توجه به گستردگی سواحل دریایی کشور، این زیر ساخت‌ها می‌توانند جریان سرمایه‌گذاری را به درون فضای ملی هدایت کنند(سعیدی و مرادپور،1392). بنادر و ترمینال‌های کانتینری، جزئی اساسی و حیاتی از اقتصاد مدرن امروزی را تشکیل می‌دهند. حمل‌ونقل کانتینری از اواسط قرن بیستم، به‌وضوح هزینه حمل‌ونقل را در تجارت جهانی کاهش داده است. بر اساس نمودارهای ارائه‌شده توسط آنکتاد[1]، تجارت از طریق حمل و نقل کانتینری در سال‌های بین 2003 تا 2025 از میانگین رشد سالانه 5,32 درصدی برخوردار خواهد بود (لگاتو و همکاران[2]،2009). صنعت بندر، خصوصاً بنادر کانتینری روزبه‌روز در حال رقابتی‌تر شدن است و این امر اهمیت مسأله کارایی بنادر و پایانه‌های کانتینری و استفاده‌ی بهینه از منابع محدود را دوچندان می‌کند(نوت بوم و همکاران[3]،2000). ارزیابی کارایی بنادر، ضرورتی برای نظریه‌پردازان و سیاست‌گذاران اقتصادی است (کارین[4]،2015). برای همین منظور، امروزه بنادر برای اینکه بتوانند در محیط رقابتی موفق باشند، باید مسأله کارایی در عملکردشان را مورد توجه قرار دهند (کولینان و همکاران[5]،2006). کارایی بنادر عامل مهمی برای کشورها جهت رسیدن به مزیت رقابتی بین‌المللی است. بنادری موفق خواهند بود که از منابع محدود خود حداکثر بهره را ببرند. برای این منظور محاسبه کارایی بنادر می‌تواند به آنها در جهت بهبود کارایی شان کمک کند. هدف اصلی این مطالعه، بررسی و اندازه گیری کارایی تکنیکی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای بنادر مورد مطالعه می‌باشد که به این ترتیب بنادر کارا و ناکارا و منبع ناکارایی هر بندر مشخص می‌گردد. در نهایت، واحدهای مرجع به عنوان الگوهایی برای بنادر ناکارا معرفی می‌گردند.

1.United nation conference of trade & development
2. legato &*et al*
3. Notteboom & et al
4.Carine
5.Cullinane & et al

کارایی یک مفهوم مدیریتی است که سابقه‌ای طولانی در علم مدیریت دارد (ویتزل[1]،2002). کارایی نشان می‌دهد که یک سازمان به نحو خوبی از منابع خود در راستای تولید نسبت به بهترین عملکرد در مقطعی از زمان استفاده کرده است. تکنیک‌های مختلفی برای محاسبه کارایی وجود دارد که یکی از پرکاربردی‌ترین و بهترین آنها تحلیل پوششی داده‌ها[2] است. این تکنیک در حوزه حمل و نقل دریایی و کشتی رانی کاربرد ویژه‌ای دارد، به‌طوری‌که، تحقیقات بسیاری در دنیا در رابطه با محاسبه و مقایسه کارایی بنادر به کمک این تکنیک صورت گرفته است. مارتینز و همکاران[3](1999)، کارایی 26 بندر اسپانیا را با استفاده از مدل بی سی سی مورد ارزیابی قرار داده و بنادر این کشور را در قالب بنادر کارا و ناکارا دسته‌بندی کردند. آنها برای این منظور داده‌های مربوط به سال‌های 1993تا 1997را در نظرگرفتند. ایتو[4] (2002)، نیز در مطالعه‌ای با عنوان تغییرات کارایی در بنادر کانتینری عمده در ژاپن با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها، با استفاده از مدل‌های سی سی آر و بی سی سی تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها کارایی نسبی هشت بندر بین‌المللی ژاپن را در سال‌های بین1990 تا 1998مورد ارزیابی قرار داد. در این مطالعه، بندر توکیو[5] به‌عنوان کاراترین بندر رتبه‌بندی گردید. کولینان و همکاران(2004)، در تحقیقی با عنوان مقایسه دو روش تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل مرزی تصادفی در محاسبه کارایی فنی بنادر کانتینری به محاسبه کارایی فنی بنادر کانتینری پرداخته‌اند.

مطالعه بر روی 30 بندر نخست بنادر کانتینری دنیا که در سال 2001 رتبه بندی شده‌اند، صورت گرفته است و در نهایت از این تعداد، 5 بندر کارا شناخته شده است. لی و همکاران[6](2005)، در تحقیقی با عنوان ارزیابی کارایی بنادر آسیا، به رتبه‌بندی 16 بندر بین‌المللی پرداختند. ابتدا کارایی ده بندر کارا محاسبه و رتبه‌بندی شدند. آنها بنادر ناکارا را نیز مورد ارزیابی قرار داده و سپس رتبه تمامی بنادر را مشخص کردند. کیسر و

1.witzel
2.DEA
3.Martinez & et al
4.Itoh
5.Tokyo
6.Lee & et al

همکاران[1](2006)، در تحقیقی کارایی 25 بندر کانتینری مهم آمریکا را در طول دوره شش ساله 1998 تا 2003 با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها مورد ارزیابی قرار داده‌اند. به عنوان نتایج تحقیق، 7 بندر بالتی مور، نیویورک، ویلمینگتون، اوکلند، چارلستون، لسآنجلس (در بعضی از سال‌ها) ولانگ بیچ [2] در طول این دوره به عنوان بندر کارا شناخته شدند. لین و تسن[3](2007)، در تحقیقی برای رتبه‌بندی و مقایسه مهم‌ترین بنادر کانتینری آسیا-اقیانوسیه از مدل تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند. سو و همکاران[4](2007)، در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی و رتبه‌بندی بنادر کانتینری عمده در آسیای شمالی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها، به ارزیابی کارایی 19 بندر کانتینری این منطقه با استفاده از دو روش سی سی آر و بی سی سی خروجی محور پرداخته‌اند. العراقی و همکاران[5](2008)، در تحقیقی با عنوان ارزیابی کارایی بنادر به ارزیابی کارایی 22 بندر واقع در خاورمیانه و آفریقای شرقی پرداخته‌اند. هانگ و همکاران[6](2010)، در تحقیقی با عنوان ارزیابی مقایسه‌ای کارایی عملیاتی بنادر کانتینری آسیا، کارایی عملیاتی بنادر کانتینری آسیا را مورد مطالعه قرارداده‌اند. متدلوژی این پژوهش، روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. در این مطالعه، حدود 71 درصد از بنادر مورد مطالعه، در بازده نسبت به مقیاس افزایشی فعالیت کرده‌اند که این نشان می‌دهد بنادر آسیایی می‌توانند به توسعه‌های آتی توجه داشته باشند. کیانی مقدم و همکاران (1392)،کارایی نسبی بنادر عمده ایران را برای سال‌های 1388-1390 با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی کرده و بنادر کارا برای هر سه سال شناسایی گردید. در این تحقیق،بازده نسبت به مقیاس ثابت فرض شده و از مدل سی سی آر خروجی محور جهت ارزیابی بنادر استفاده شده است. مانی سامی و جان[7] (2013)، در مقالهٔ خود با عنوان کارایی بنادر کانتینری آمریکای لاتین، با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، به ارزیابی کارایی 30 بندر کانتینری واقع در 20 کشور در این منطقه در

1.Kaisar&et al
2.Long Beach
3.Lin and Tsen
4.So &et al
5.Al-Eraqi &et al
6.Hung& et al
7.Munisamy & Jun

بازۀ زمانی 2008-2000 پرداختند. لوو همکاران[1](2015)، با دو رویکرد بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و متغیر، به بررسی منابع ناکارایی و رتبه‌بندی بنادر کارا پرداختند. این مطالعه،بین بنادر کانتینری مطرح دنیا صورت گرفت که در نهایت، بنادر مرجع به‌عنوان الگویی برای بنادر کارا مشخص گردیدند.

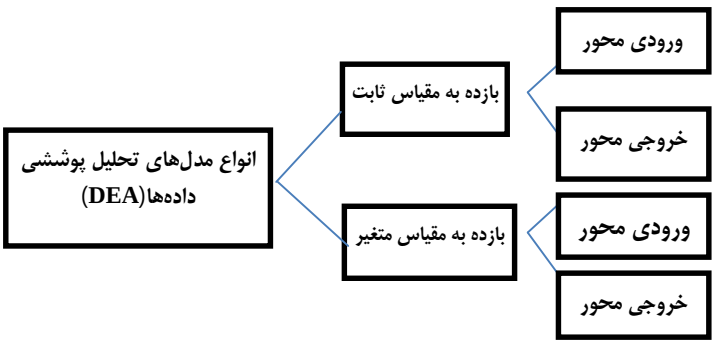
ابزار و روش

این مطالعه، از نظرهدف کاربردی، از لحاظ ماهیت توصیفی-تحلیلی، از نظر فرآیند و روش جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها کمی و از نظر منطق، استقرایی است. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، ورودی و خروجی‌های عملیات کانتینری در پایانه‌های کانتینری هستند که داده‌هایی کمی می‌باشند. این داده‌ها برای هر پایانه کانتینری در بازۀ زمانی 2011 تا 2013 می‌باشند. تکنیک مورد استفاده نیز تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها است که زیرمجموعه‌ای از تکنیک‌های پژوهش‌های عملیاتی است. در این پژوهش، به‌منظور محاسبه و مقایسۀ ضریب کارایی پایانه‌های کانتینری از مدل سی سی آر و بی سی سی خروجی محور و برای رتبه‌بندی بنادر کارا از روش اندرسون-پترسون[2] استفاده می‌گردد. در این مطالعه، بنادر کانتینری جبل علی، خورفکان از کشور امارات متحدۀ عربی، صلاله و صحار از کشور عمان، دمام و جده از کشور عربستان سعودی، پورت سعید و اسکندریه از کشور مصر و نیز بنادر خرمشهر، امام خمینی(ره)، بوشهر و بندر شهید رجایی از کشور جمهوری اسلامی ایران به‌عنوان بنادر مورد کاوی شده در این مطالعه در نظر گرفته شدند. داده‌های کمی مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های بنادر کانتینری کشور، از سالنامه‌ی آمار عملیات سازمان بنادر و دریانوردی جمهوری اسلامی ایران و آمار مربوط به بنادر خارجی از سایت رسمی مربوط به هر بندر و نیز مجله‌های بین‌المللی مدیریت کانتینر جمع‌آوری شده است.

واژه DEA مخفف Data Envelopment analysis به معنی تحلیل پوششی داده‌های یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی، برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم

1.lu & et al
2.Anderson & Peterson

گیرنده‌ای (DMU)[1] است که چندین ورودی و چندین خروجی دارند. منظور از واحد تصمیم گیرنده عبارت است از یک واحد سازمانی یا یک سازمان مجزا که توسط فردی به نام مدیر یا رئیس یا مسؤول اداره می‌شود به شرط آنکه این سازمان یا واحد سازمانی دارای فرایند سیستمی باشد؛ یعنی تعدادی عوامل تولید به کار گرفته شود تا تعدادی محصول به دست آید (فورساند و سارافوگلو[2]، 2002). انواع مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها در حال افزایش است و جنبه تخصصی‌تری پیدا می‌کند. اما اساس تمامی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها مدل‌های با بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و با بازدهی نسبت به مقیاس متغیر هستند (آذر و غلام رضایی،1384). مدل تحلیل پوششی داده‌ها را از لحاظ ورودی محور یا خروجی‌محور بودن نیز می‌توان تقسیم‌بندی کرد. بنابراین، چهار دسته کلی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها را به صورت شکل1 می‌توان نشان داد.



شکل1. انواع مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها

مدل CCR خروجی محور

نامای‌ن مدل، از حروف اول سه محقق به وجود آورنده آن یعنی چارنز، کوپر و رودز اقتباس شده است(چارنز و همکاران[3]،1978). این مدل دارای بازدهی نسبت به مقیاس ثابت است. مدل‌های خروجی محور به دنبال افزایش یا حداکثرکردن خروجی ها به شرط عدم افزایش (بدون تغییر یا کاهش) در میزان ورودی‌ها هستند. فرض کنیم n

1.Decision making unit
2.Forsund and Sarafoglou
3.Charnes & et al

واحد تصمیم‌گیرنده وجود دارد، هر یک از این واحدها از m ورودی برای تولید s خروجی استفاده می‌کنند. Xik مقدار ورودی i (i=1,2,…,m)، است که به‌وسیلهٔ DMUk(k=1,2,..,n) مورد استفاده قرار می‌گیرد و yrk مقدار خروجی r تولیدشده توسط DMUk(k=1,2,..,n) می‌باشد. متغیرهای Urو Viبه ترتیب وزن‌های شاخص‌های خروجی و شاخص‌های ورودی هستند. کارایی فنی DMUj طبق مدل مضربی به‌صورت زیر محاسبه می شود(کوپر و همکاران[1]،2000).

$$\min E_j = \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}$$

$$\sum_{i=1}^{s} u_r y_{rj} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik} \le 0$$

$u_r, v_i \ge 0; k=1,2,\ldots,n; r=1,2,\ldots,s; i=1,2,\ldots m$

رابطه1. مدل بازده به مقیاس ثابت خروجی محور

مدل BCC خروجی محور

در سال1984، بنکر، چارنز و کوپر عامل مهمی را به نام «بازده به مقیاس» معرفی و آن را به مدل سی سی آر اضافه نمودند. با این تغییر، آنها مدل بی سی سی را به وجود آوردند که مدل ریاضی آن کاملاً شبیه مدل سی سی آر بوده، با این تفاوت که به تابع هدف و محدودیت نامساوی مدل سی سی آر عامل بازده به مقیاس(W)اضافه گردید. فرم مضربی این مدل در رابطه‌ی 1 نشان داده شده است. بازده نسبت به مقیاس بدین معناست که اگر میزان ورودی خود را x برابرکنیم، میزان خروجی‌مان y برابرشود. اگر y>x باشد، بازده نسبت به مقیاس افزایشی و اگر y=x باشد، بازده نسبت به مقیاس ثابت و اگر y<x باشد بازده نسبت به مقیاس کاهشی، خواهد بود(فیر و همکاران[2]، 1994).

1.cooper & et al
2.Fare & et al

$$\min E_j = \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + w$$
$$s.t \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} = 1$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik} + w \le 0$$
$$W \text{ free }, Ur \ge 0 , Vi \ge 0$$

رابطه2. مدل بازده به مقیاس متغیر خروجی محور

کارایی مقیاس[1]

فرض الگوی بازده ثابت به مقیاس، فقط زمانی مناسب است که همه بنگاه‌ها در مقیاس بهینه عمل کند، اما عواملی مانند رقابت ناقص، محدودیت منابع مالی و غیره باعث می‌رود که یک بنگاه نتواند در مقیاس بهینه عمل کند. اندازه‌گیری کارایی فنی با استفاده از الگوی سی سی آر زمانی که همه بنگاه‌ها در مقیاس بهینه عمل نمی‌کنند، به دلیل کارایی مقیاس با اشکال مواجه می‌رود و کارایی فنی به دست آمده از این طریق، خالص نیست و با کارایی مقیاس همراه است(رهبر دهقان و دیگران،1391).

بانکر،چارنز و کوپر[2](1984)، نشان دادند که امتیاز کارایی به‌دست‌آمده از روش سی سی آر نشان‌دهندهٔ کارایی تکنیکی سراسری[3] و امتیاز کارایی به‌دست‌آمده از روش بی سی سی نشانگر کارایی تکنیکی مطلق[4] می‌باشد. از تقسیم این دو امتیاز کارایی مقیاس حاصل می‌گردد.

$$SEj = \frac{q_{CCR}}{q_{BCC}}$$

رابطه3. کارایی مقیاس

به این ترتیب کارایی مقیاس عبارت است از نسبت کارایی فنی در وضعیت بازده ثابت، تقسیم بر کارایی فنی خالص (کارایی ناشی از مدیریت)در شرایط متغیر. در یک

1.Scale efficiency
2.Banker & et al
3.Total technical efficiency
4.Pure technical efficiency

مدل تحلیل پوششی داده‌های خروجی محور SE=1 بیان‌کننده‌ی کارایی قیاسی وSE<1 نشانگر ناکارایی قیاسی می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر، اگر واحد تصمیم‌گیرنده تحت شرایط بازدهی نسبت به مقیاس افزایشی یا کاهشی عمل کند ناکارای قیاسی است(مانی سامی و جان،2013).

مدل اندرسون-پترسون خروجی محور

در این روش در مدل برنامه‌ریزی خطی مربوط به DMU کارایی[1]، محدودیت کوچک‌تر یا مساوی صفر مربوط به آن واحد تصمیم گیرنده (محدودیت j ام)، حذف می شود. این محدودیت سبب می‌رود که حداکثر مقدار تابع هدف، یک باشد. با حذف این محدودیت، ضریب کارایی واحد تحت بررسی ممکن است بزرگ‌تر از یک شود. هر چه ضریب کارایی واحدی بزرگ‌تر باشد، آن واحد کاراتر است(اندرسون و پترسون[1]، 1993).

$$\text{Max } y_j=\theta$$

s.t

$$\sum_{k=1}^{n} l_k x_{ik} + s_i^- = x_{ij} \qquad i=1,2,\ldots,m$$

$$k\neq j$$

$$sq\sum_{k=1}^{n} l_k y_{rk} + s_r^+ = y_{rj} \qquad 0r=1,2,\ldots,$$

$$k\neq j$$

$$\sum_{k=1}^{n} l_k = 1$$

$$k\neq j$$

$$k=1,2,\ldots,n \text{ آزاد در علامت } \geq 0;\ \theta s_r^+ ,\ s_i^- \lambda_k, \qquad \text{و } k\neq j$$

رابطه4. مدل اندرسون-پترسون با بازده نسبت به مقیاس خروجی محور

1.Anderson and Peterson

یافته‌ها

انتخاب بهترین مجموعه از ورودی‌ها و خروجی‌ها یکی از مهم‌ترین مراحل محاسبه کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها است. بازده عملیاتی کانتینری در واحد تی ای یو، رایج‌ترین و مناسب‌ترین شاخص در تعیین کارایی تولیدی بنادر کانتینری می‌باشد و به طورگسترده‌ای در مطالعات پیشین، به‌عنوان یک خروجی منحصر به فرد از عملیات بندر مورد استفاده قرارگرفته است. در تئوری تولید، ورودی‌های اساسی شامل نیروی کار، زمین و تجهیزات می‌باشد. تقریباً تمامی مطالعات پیشین در این زمینه، کل طول اسکله‌ها و مساحت کلی ترمینال را به‌عنوان متغیرهای ورودی در بخش زمین در نظر گرفته‌اند. به خاطر دشواری گردآوری اطلاعات مربوط به نیروی کار، متغیرهای تقریبی[1] نیروی کار، بر اساس نظریۀنوتبوم و همکاران(2000) مشتق شده است. این نظریه بر رابطۀ تنگاتنگ بین تعداد گنتری کرین ها و تعداد نیروی کار اسکله در ترمینال‌های کانتینری دلالت دارد (مانی سامی و جان،2013). بنابراین، این مطالعه از تجهیزات محوطه و اسکله به‌عنوان متغیرهای تقریبی نیروی کار بهره می‌گیرد. در این پژوهش در مجموع چهار متغیر ورودی و یک متغیرخروجی در نظر گرفته شده است. فهرست ورودی‌ها و خروجی‌ها در جدول1 نشان داده شده است.

جدول شماره 1. متغیرهای ورودی و خروجی

ردیف	متغیرهای ورودی	متغیرهای خروجی
1	تعداد اسکله‌های کانتینری	بازده عملیاتی کانتینری
2	کل طول اسکله‌ها	
3	مساحت کلی ترمینال	
4	تعداد گنتری کرین ها و جرثقیل‌های محوطه و اسکله	

داده‌های مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های بنادر در سال‌های2013-2011 در جدول ضمیمه تحقیق آورده شده است. به کمک این داده‌ها می‌توان مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های مربوط به هر بندر را تشکیل داده و کارایی نسبی آنها را به دست آورد. پس از تشکیل مدل‌های مورد نظر با کمک داده‌های بنادر، این مدل‌ها به کمک نرم‌افزار

1.Proxy variables

DEA Solver Pro مورد محاسبه قرار گرفتند و کارایی هر یک از بنادر و رتبه آنها بر مبنای روش سی سی آر و بی سی سی خروجی محور به دست آمد. در مرحله بعد، برای بنادری که ضریب کارایی 1 را به خود اختصاص داده‌اند مدل اندرسون-پترسون در نرم افزار لینگو پیاده‌سازی گردید. نتایج حل مسأله بر اساس دو مدل تحلیل پوششی داده‌ها در جداول 2 و 3 ارائه‌شده است:

جدول شماره 2. ضریب کارایی و رتبهٔ بنادر در مدل CCR و AP خروجی محور

	سال2011				سال2012				سال2013			
بندر	کارایی در روش BCC	رتبه در روش BCC	کارایی در روش AP	رتبه در روش AP	کارایی در روش BCC	رتبه در روش BCC	کارایی در روش AP	رتبه در روش AP	کارایی در روش BCC	رتبه در روش BCC	کارایی در روش AP	رتبه در روش AP
امام خمینی(ره)	0/091	11		11	0/081	12		12	0/143	11		11
بوشهر	0/429	8		8	0/3	8		8	0/575	6		6
خرمشهر	0/252	10		10	0/103	11		11	0/133	12		12
شهید رجایی	0/641	6		6	0/394	6		6	0/513	9		9
جبل علی	0/874	4		4	0/721	4		4	0/936	3		3
خورفکان	1	1	1/667	1	1	1	2/829	1	1	1	1/629	1
صلاله	0/893	3		3	0/728	3		3	0/753	4		4
صحار	0/083	12		12	0/124	10		10	0/212	10		10
دمام	0/443	7		7	0/289	9		9	0/519	7		7
جده	0/394	9		9	0/37	7		7	0/516	8		8
پورت سعید	0/851	5		5	0/6	5		5	0/644	5		5
اسکندریه	1	1	1/195	1	0/973	2		2	1	1	1/028	2

جدول شماره 3. ضریب کارایی و رتبهٔ بنادر در مدل BCC و AP خروجی محور

	سال2011				سال2012				سال2013			
بندر	کارایی در روش BCC	رتبه در روش BCC	کارایی در روش AP	بازده به مقیاس	کارایی در روش BCC	رتبه در روش BCC	کارایی در روش AP	بازده به مقیاس	کارایی در روش BCC	رتبه در روش BCC	کارایی در روش AP	بازده به مقیاس
امام خمینی(ره)	0/102	12		افزایشی	0/094	12		افزایشی	0/161	12		افزایشی
بوشهر	1	1	1/74	افزایشی	1	1	1/64	افزایشی	1	1	1/3	افزایشی
خرمشهر	1	1	1/32	افزایشی	0/22	11		افزایشی	0/199	11		افزایشی
شهید رجایی	0/775	8		کاهشی	0/493	9		کاهشی	0/523	10		افزایشی
جبل علی	1	1	3/043	کاهشی	1	1	2/8	کاهشی	1	1	2/990	کاهشی
خورفکان	1	1	1/816	ثابت	1	1	2/961	ثابت	1	1	1/728	ثابت
صلاله	0/940	7		کاهشی	0/831	6		کاهشی	0/798	6		کاهشی
صحار	0/467	10		افزایشی	0/995	5		افزایشی	1	1	1/105	افزایشی
دمام	0/453	11		کاهشی	0/347	10		کاهشی	0/538	9		افزایشی
جده	0/6	9		کاهشی	0/652	8		کاهشی	0/628	8		کاهشی
پورت سعید	1	1	1/059	کاهشی	0/763	7		کاهشی	0/744	7		کاهشی
اسکندریه	1	1	1/539	ثابت	1	1	1/324	افزایشی	1	1	1/4	ثابت

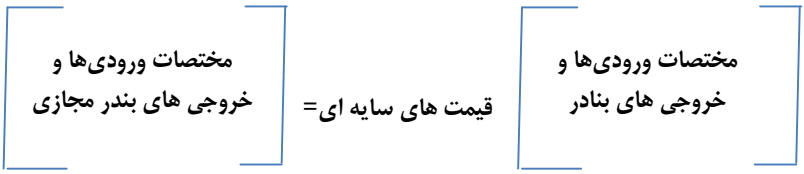
با داشتن ضریب کارایی تکنیکی سراسری و موضعی با استفاده از رابطهٔ3 می‌توان ضریب کارایی مقیاس را برای هر بندر محاسبه کرد.ضریب کارایی مقیاس در بازهٔ زمانی مورد نظر، برای هر بندر در جدول 4 آورده شده است:

جدول شماره 4. میانگین کارایی مقیاس(SE)به تفکیک بنادر و رتبه آنها

بندر	کارایی مقیاس(SE)				رتبه ازلحاظ
	2011	2012	2013	میانگین	میانگین کارایی
امام خمینی (ره)	0/892	0/861	0/888	0/88	5
بوشهر	0/429	0/3	0/575	0/668	10
خرمشهر	0/252	0/468	0/668	0/462	11
شهیدرجایی	0/827	0/799	0/98	0/868	6
جبل علی	0/874	0/721	0/936	0/843	7
خورفکان	1	1	1	1	1
صلاله	0/95	0/876	0/943	0/923	4

صحار	0/177	0/124	0/212	0/171	12
دمام	0/977	0/832	0/964	0/924	3
جده	0/656	0/567	0/821	0/681	9
بندر سعید	0/851	0/786	0/865	0/834	8
اسکندریه	1	0/973	1	0/991	2

علاوه بر این که مدل تحلیل پوششی داده‌ها، توانایی محاسبه کارایی نسبی واحدها و در نهایت رتبه‌بندی آنها را دارد، این مدل می‌تواند واحدهایی را به عنوان واحدهای مرجع برای هر یک از واحدهای ناکارا معرفی کند. در واقع واحدهای مرجع الگوهایی برای واحدهای ناکارا جهت کارا شدن هستند و واحدهای ناکارا می‌توانند برای کاراشدن، واحدهای مرجع را به عنوان الگو انتخاب کرده وسعی نمایند تا ورودی‌ها یا خروجی‌های خود را به آنها نزدیک کنند. در جدول4 قیمت‌های سایه‌ای مربوط به بنادر مرجع هر بندر ناکارا به تفکیک سال در مدل بی سی سی و سی سی آر خروجی محور آورده شده است. به کمک این قیمت‌های سایه می‌تواند بنادر مرکب مجازی هر یک از بنادر ناکارا را محاسبه کرد. بنادر مرکب مجازی شرایط (مختصات ورودی‌ها و خروجی‌های) بنادر ناکارا را جهت کارا شدن نشان می‌دهد. یعنی نشان می‌دهد که یک بندر ناکارا برای کارا شدن باید وضعیت ورودی‌ها و خروجی‌هایش را به چه مقدار برساند، تا به مرز کارایی برسد. برای به دست آوردن بنادر مجازی بنادر ناکارا باید قیمت‌های سایه بنادر مرجع آن را در مختصات ورودی‌ها و خروجی‌های بندر مرجع متناظرش ضرب کرده و سپس ورودی‌ها و خروجی‌های وزین حاصله را با هم جمع کرد. قیمت‌های سایه ای به‌منظور به دست آوردن بنادر مجازی بنادر ناکارا به تفکیک دو مدل در جداول 5 و 6 آورده شده است.



رابطه5. مختصات ورودی‌ها و خروجی‌های بنادر مجازی بنادر ناکارا

جدول شماره 5. بنادرمرجع و قیمت‌های سایه‌ای بنادر مرجع بنادرناکارا در مدل CCR-O

بندر	بنادر مرجع و قیمت‌های سایه‌ای		
	2011	2012	2013
امام خمینی (ره)	خورفکان(0/5)	خورفکان(0/5)	خورفکان(0/26)
بوشهر	خورفکان(0/166)	خورفکان(0/166)	خورفکان(0/087)
خرمشهر	خورفکان(0/125)	خورفکان(0/208)	خورفکان(0/108)
شهیدرجایی	خورفکان(1/333)	خورفکان(1/471)	خورفکان(0/903)
جبل علی	خورفکان(4/6)	خورفکان(4/6)	خورفکان(3/833)
صلاله	خورفکان(0/966) اسکندریه(0/309)	خورفکان(1/242)	خورفکان(1/166)
صحار	خورفکان(0/4)	خورفکان(0/4)	خورفکان(0/26)
دمام	خورفکان(0/963) اسکندریه(0/169)	خورفکان(1/4)	خورفکان(0/84)
جده	خورفکان(3/025) اسکندریه(0/267)	خورفکان(3/2)	خورفکان(2/322)
بندر سعید	خورفکان(1/316) اسکندریه(0/512)	خورفکان(1/514)	خورفکان(1/675)
اسکندریه	-	خورفکان(0/385)	-

جدول شماره 6. بنادرمرجع و قیمت‌های سایه‌ای بنادر مرجع بنادر ناکارا در مدل BCC-0

بندر	بنادرمرجع و قیمت‌های سایه‌ای		
	2011	2012	2013
امام خمینی (ره)	خرمشهر(0/326) بوشهر(0/256) خورفکان(0/416)	بوشهر(0/6) خورفکان(0/4)	بوشهر(0/809) خورفکان(0/190)
خرمشهر	-	بوشهر(0/95) خورفکان(0/05)	بوشهر(0/976) خورفکان(0/023)
شهیدرجایی	جبل علی(0/033) خورفکان(0/966)	جبل علی(0/075) خورفکان(0/924)	بوشهر(0/119) خورفکان(0/880)
صلاله	خورفکان(0/833) بندر سعید(0/166)	جبل علی(0/038) خورفکان(0/961)	جبل علی(0/038) خورفکان(0/961)
صحار	بوشهر(1)	بوشهر(1)	-
دمام	خورفکان(0/944) بندر سعید(0/055)	جبل علی(0/071) خورفکان(0/928)	بوشهر(0/198) خورفکان(0/801)
جده	جبل علی(0/298) خورفکان(0/198) بندر سعید(0/502)	جبل علی(0/351) خورفکان(0/648)	جبل علی(0/351) خورفکان(0/648)
بندر سعید	-	جبل علی(0/082) خورفکان(0/917)	جبل علی(0/173) خورفکان(0/826)

بحث و نتیجه گیری

کارایی نسبی بنادر مورد کاوی شده با استفاده از مدل سی سی آر خروجی محور و بی سی سی خروجی محور به عنوان دو مدل اساسی و پایه از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها مورد محاسبه قرار گرفت و بنادر براساس امتیازهای کارایی خود رتبه‌بندی شدند. ضرایب کارایی حاصل از مدل سی سی آر که کارایی تکنیکی سراسری را نشان می‌دهد، حاصل‌ضرب کارایی تکنیکی مطلق (حاصل از اجرای مدل بی سی سی) و کارایی قیاسی است. نمره کارایی 1 نشان‌دهندۀ بالاترین میزان کارایی است و در یک مدل خروجی محور، ضریب کارایی کمتر از 1 بیانگر عدم کارایی واحد تصمیم‌گیری است. نتایج اجرای مدل سی سی آر نشان می‌دهد که بندر خورفکان در بازۀ زمانی مدنظر، بالاترین کارایی تکنیکی سراسری را دارا بوده و در هر سه سال کارا عمل کرده است. بندرامام‌خمینی (ره)، پایین‌ترین میانگین ضریب کارایی در مدل سی سی آر را دارا بوده و از این حیث، ضعیف‌ترین عملکرد را از خود نشان داده است. بر اساس نتایج مدل بی سی سی خروجی محور که نشانگر کارایی تکنیکی مطلق است، بنادر بوشهر، جبل علی، خورفکان و اسکندریه، بالاترین ضریب کارایی را به خود اختصاص داده و بندر امام خمینی (ره)در طول سه سال ضعیف‌ترین بندر از این حیث بوده است. بنادر مورد کاوی در بازۀ زمانی مورد نظر، دارای بازده نسبت به مقیاس متغیر بوده‌اند و تعداد اندکی از آنها تحت بازدهی به مقیاس ثابت عمل کرده‌اند. تمامی بنادر ایرانی به‌جز بندر شهید رجایی که در سال‌های 2011 و 2012، بازده نسبت به مقیاس کاهشی را داشته است، دارای بازده نسبت به مقیاس افزایشی بوده‌اند.بررسی منابع ناکارایی یک واحد تصمیم‌گیرنده موضوع جالب و قابل‌بررسی است. آیا ناکارایی به علت عملکرد ناکارای آن است یا ناشی از شرایطی است که واحد تصمیم‌گیرنده در آن عمل می‌کند؟ به این دلیل مقایسه امتیازات بی سی سی و سی سی آر خروجی محور ضروری است. مدل سی سی آر برقراری بازده به مقیاس ثابت در مجموعۀ امکان تولید را فرض می‌کند یعنی انبساط و انقباض شعاعی همه‌ی واحد تصمیم‌گیرنده ها و ترکیب‌های نامنفی آنها امکان‌پذیر است و از این رو امتیاز سی سی آر کارایی تکنیکی سراسری نامیده می‌شود. از طرف دیگر، در مدل بی سی سی ترکیب محدب واحد تصمیم‌گیرنده ها به‌عنوان مجموعۀ امکان تولید فرض شده و امتیاز بی سی سی کارایی تکنیکی مطلق (محض) موضعی نامیده می‌شود. اگر یک واحد تصمیم‌گیرنده

کاملاً (100%) کارا از نظر مدل بی سی سی و سی سی آر باشد، آن در بهره‌ورترین اندازه (مقیاس)است. اگر یک واحد تصمیم‌گیرنده از نظر مدل بی سی سی کاملاً کارا ولی امتیاز پایینی از نظر مدل سی سی آر داشته باشد، آنگاه آن موضعاً کاراست، ولی به دلیل اندازه‌اش کارای سراسری نیست. بنابراین اصولاً منطقی است تا کارایی قیاسی یک واحد تصمیم‌گیرنده را به‌وسیلهٔ نسبت این دو امتیاز مشخص کنیم و به‌این‌ترتیب می‌توان دریافت که منشأ ناکارایی هر بندر در این مطالعه به چه دلیل است و هر بندر برای رسیدن بر مرز کارایی باید بر چه چیزی تمرکز کند.

جدول شماره 7. پارامترهای انواع کارایی به تفکیک سال

انواع کارایی	سال	مجموع ضریب کارایی	میانگین کارایی	انحراف معیار کارایی	کمترین ضریب کارایی	بیشترین ضریب کارایی	درصد بنادر کارا	درصد بنادر ناکارا
کارایی تکنیکی سراسری	2011	6/951	0/579	0/327	0/083	1	%17	%83
	2012	5/683	0/473	0/311	0/081	1	%8	%92
	2013	6/944	0/578	0/296	0/133	1	%17	%83
کارایی تکنیکی موضعی	2011	9/337	0/778	0/290	0/102	1	%50	%50
	2012	8/395	0/699	0/320	0/094	1	%33	%67
	2013	8/591	0/716	0/297	0/161	1	%42	%48
کارایی مقیاس	2011	8/885	0/740	0/241	0/177	1	%17	%83
	2012	8/307	0/692	0/140	0/124	1	%8	%92
	2013	9/852	0/821	0/045	0/212	1	%17	%83

این تحقیق پس از رتبه‌بندی بنادر مورد مطالعه بر اساس کارایی فنی خالص و مقیاس و تحلیل مقادیر آنها، موارد زیر را به عنوان نتایج تحقیق بیان کرده است:

- عدم کارایی‌های فنی بنادر کانتینری خاورمیانه عمدتاً به علت عدم کارایی فنی موضعی می‌باشد و نه عدم کارایی ناشی از مقیاس. بنابراین پیشنهاد می‌شود ابتدا این بنادر به بهبود رویه‌های مدیریتی با توجه به نیازمندی‌های بازار بنادرکانتینری بپردازند و اولویت دوم خود را بهبودکارایی‌های ناشی از مقیاس قرار دهند.
- حدود 83درصد از بنادر مورد مطالعه، دربازده نسبت به مقیاس متغیر فعالیت کرده‌اند که از این مقدار 33 درصد از بنادر از جمله سه بندر ایرانی، در بازده نسبت

به مقیاس افزایشی فعالیت کرده اند که این نشان می‌دهد این بنادر می‌توانند به توسعه‌های آتی توجه داشته باشند. 50 درصد از بنادر نیز در بازده به مقیاس کاهشی فعالیت کرده اند.

- بنادر کانتینری امارات متحده عربی کاراتر بنادر کشورهای دیگر فعالیت کرده اند که این نشان می‌دهد که این بنادرکانتینری قدرت رقابتی بهتری نسبت به بقیه دارا می‌باشند.
- با استفاده از تحلیل هدف کارایی مقیاس می‌توان راهبردهایی برای تصمیم‌گیرندگان سازمآنها در جهت توانمندسازی منابع و بهبود مقیاس اقتصادی فراهم کرد.

پیشنهادها

نتایج این تحقیق نشان می دهد که بیشتر بنادر ایران از کارایی نسبی مناسبی برخوردار نیستند، که علت این امر را می توان در عدم وجود فضای رقابتی در صنایع بندری ایران دانست. تمام بنادر مورد بررسی این تحقیق در زمره بنادر دولتی که از پشتوانهٔ حمایت دولت برخوردارند، قرار دارند و این امر سبب شده که تا حد زیادی فضای رقابتی مناسبی بین بنادر صورت نگیرد. در چنین محیطی بنادر تمایل به تلاش در جهت ارتقای کارایی نخواهند داشت. در پایان، پیشنهادهای زیر در جهت ارتقای کارایی بنادر ایرانی ارائه می شود:

1. عقد قرداد طولانی مدت با پورت اپراتوری با مدیریتی قوی، به‌گونه ای که پورت اپراتور مذکور با پشتوانهٔ قرار داد طولانی مدت خود بتواند سرمایه گذاری‌های مد نظر خود را در بندر انجام دهد.
2. بهینه سازی زمان کارکرد یا زمان بیکاری تجهیزات؛
3. استفاده از سیستم های مکانیزه عملیات کانتینری و کاهش وابستگی سیستم های بندری به نیروی انسانی در عملیات بندری؛
4. بازرسی و تعمیر تجهیزات و از رده خارج کردن تجهیزات مستهلک؛
5. افزایش و بسط ورودی‌ها برای بنادری که تحت بازده به مقیاس افزایشی فعالیت می‌کنند؛

6. خرید تجهیزات مدرن اسکله و یارد؛
7. آموزش نیروی انسانی ماهر برای کار با تجهیزات استاندارد؛
8. ساخت یاردهای کانتینری استاندارد؛
9. تشویق و جذب صاحبان کالا، شرکتهای حمل و نقل و خطوط کشتیرانی؛
10. ارائه‌ی خدمات جانبی کانتینر، از قبیل تعمیر و شستشوی کانتینر و ...
11. افزایش ظرفیت یارد اختصاصی مکان‌های نگهداری کانتینرهای خاص از قبیل کانتینرهای یخچالی
12. بهبود فرآیند ترخیص کانتینر با استفاده از امکانات ایکس ری؛
13. بهبود رویه‌های حمل و نقل چند وجهی با گسترش پسکرانه‌ی بندر

References

Adel, A., & Gholamrezaei, D.(2005), Ranking of Provinces of the Country with Data Envelopment Analysis Approach. Iranian Economic Research, 8(12), 153-174, (In Persian).

Al-Eraqi, A.S., Mustafa, A., & Khader, A. T.(2010), An Extended DEA Windows Analysis: Middle East and East African Seaports. Journal of Economic Studies,37(2), 208-218.

Anderson, P., & Petersen, N.C.(1993), A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. Management Science, 39(10), 1261-1264.

Banker, R.D., Charnes. A., & Cooper, W.W.(1984), Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science Sept ,17(25), 1078- 1092.

Carine, A.C.F.(2015), Analyzing the Operational Efficiency of Container Ports in Sub-Saharan Africa. Open Journal of Social Sciences, 3(17), 10-17.

Charnes A., Cooper, W. W., & Rhodes, E.(1978), Measuring the Efficiency of Decision Making Units. Eur J Oper Res, 12(56), 429-444.

Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2000), Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. Kluwer Academic, 13(55), 220-224.

Cullinane, K., Ji, P., & Wang, T.(2004), An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production.Review of Network Economics , 3(2),184-206.

Cullinane, K. P. B., Ji, P., Wang, T. F., & Song, D. W.(2006), The Technical Efficiency of Container Ports: Comparing Data

Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis. Transportation Research Part A, 40(12), 354-374.

Fare R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z.(1994), Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries. Am Econ Rev, 12(84), 66-83.

Forsund F. R., Sarafoglou, N.(2002), On the Origins of Data Envelopment Analysis, J Prod Anal, 5(17), 23-40.

Hung, S. W., Lu, W. M., & Wang, T. P.(2010), Benchmarking The Operating Efficiency of Asia Container Ports. European Journal of Operational Research, 203(3), 706-713.

Itoh, H.(2002), Efficiency Changes at Major Container Portsin Japan: A Window Application of Data EnvelopmentAnalysis. Review of Urban and Regional DevelopmenStudies, 14(2), 133-152.

Kaisar, E. I., Pathomsiri, S., & Haghani, A.(2006), Efficiency Measurement of US Ports Using Data Envelopment Analysis. In National Urban Freight Conference.

Kiani Moghadam M., Jafarzadeh Kenari, M., & Bakhshi zadeh, A.(2013), Relative Efficiency Appraisalof Iranian Ports Using Data Envelopment Analysis (DEA) Technique. Joc, 4(13), 73-83, (In Persian).

Lee, H. S., Chou, M. T., & Kuo, S. G.(2005), Evaluating Port Efficiency in Asia Pacific Region with Recursive Data Envelopment Analysis. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 6(2), 544- 559.

Legato, P., Canonaco, P., M., & Mazza, R.(2009), Yard Crane Management by Simulation and Optimization. Maritime Economics & Logistics, 11(3), 36-57.

Lin, L.C., & Tseng, C.C.(2007), Operational Performance Evaluation of Major Container Ports in the Asia–Pacific Region. Maritime Policy and Management, 34(6), 535-551.

Lu, B., Park, N. K., & Huo,Y.(2015), The Evaluation of Operational Efficiency of the World's Leading Container Seaports. Journal of Coastal Research,15(73), 248-254.

Martinez-Budria, E., Diaz-Armas, R., Navarro-Ibanez, M., & Ravelo-Mesa, T.(1999), A Study of the Efficiency ofSpanish Port Authorities Using Data Envelopment Analysis. International Journal of Transport Economics, 26(4),237-253.

Munisamy, S., & Jun, O.(2013), Efficiency of Latin American Container Seaports using DEA. Proceedings of 3rd Asia-Pacific Business Research Conference.

Notteboom, T., Coeck, C., & Van Den Broeck, J. (2000), Measuring and Explaining the Relative Efficiency of Container Terminals by Means of Bayesian Stochastic Frontier Models. International Journal of Maritime Economics, 2(12), 83-106.

Pierce, J.(1996), Efficiency Progress in the Newsothwale Government. Available at: www.treesury.nsw.gov.edu.

Rahbar, A., Esmaeili, A., & Dehmarde, N.(2012), Calculation of Efficiency and Efficiency Versus Scale in the Milk Industry of Kerman Province. Journal of Planning and Budget, 4(17), 145-159, (In Persian).

Saeidi, N., & Moradpoor, K. (2013), The Role of Ports in the Process of Economic Development of Countries. Bandar and Sea Monthly, 28(66), 78-82, (In Persian).

So, S.H., Kim, J.J., Cho, J., & Kim, D.K.(2007), Efficiency Analysis and Ranking of Major Container Ports in Northeast Asia: An

Application of Data Envelopment Analysis. International Review of Business Research Papers, 3(2), 486-503.

Valentine, V.F., & Gray, R.(2001), The Measurement of Port Efficiency Using Data Envelopment Analysis. Proceedingsof the 9th World Conference on Transport Research.

Witzel, M.(2002), A Short History of Efficiency. Business Strategy Review, 5(13), 38-47.