

شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر استقرار بنادر خشک در ایران با استفاده از روش AHP

جعفر سیاره^{۱*}، الهام الهیاری^۲

۱- عضو هیات علمی دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، پست الکترونیکی: j.sayareh@gmail.com
۲- کارشناسی ارشد بندر و کشتیرانی، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، پست الکترونیکی: e.alahyari@cmu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۴

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۲۳

چکیده

هدف از مقاله حاضر، شناسایی و اولویت‌بندی مجموعه عوامل مؤثر بر استقرار بنادر خشک در ایران است. امروزه شاهد افزایش مشکلات بنادر ساحلی به دلیل افزایش استفاده از شیوه حمل و نقل کانتینری کالا هستیم. برای رویارویی با این مشکلات، مفهومی به نام بندر خشک مطرح می‌گردد که نیاز به استقرار و توسعه علمی و صحیح آن در ایران به منظور حفظ و تداوم افزایش میزان حمل و نقل کانتینری احساس می‌شود. این پژوهش از لحاظ هدف کاربردی است و از روش سلسله مراتبی AHP برای آنالیز، تفسیر و نتیجه‌گیری استفاده شده است. ابزار اصلی جمع‌آوری و اندازه‌گیری متغیرهای پژوهش پرسشنامه می‌باشد. نتایج کلی این تحقیق نشان می‌دهد که با اولویت‌بندی معیارها، انجام مقایسات زوجی و محاسبه وزن نسبی هر معیار به راحتی می‌توان مهمترین فاکتورهای مؤثر را انتخاب و اجرا نمود. از جمله راهکارها و پیشنهادات ارائه شده برای مسوولان زیربط شامل: تهیه لوازم تخلیه و بارگیری مدرن و پیشرفته جهت استقرار بنادر خشک، احداث بنادر خشک حتی الامکان در مسیرهای کریدوری موجود، ایجاد یک سیستم حمل و نقلی قوی به منظور تسریع در امر جابجایی کالا و جلوگیری از گزیندهای توقف کالا در بنادر، ایجاد زیرساخت‌های خدمات الکترونیکی، مدیریت هدفمند و قوی و تدوین راهبرد به منظور تسریع در روند احداث بنادر خشک است.

کلمات کلیدی: بندر خشک، حمل و نقل ترکیبی، تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، ترانزیت.

۱. مقدمه

کانتینر که مانع از انبارسازی سنتی کالا در پسکرانه‌ها می‌شود مواجه کرده است. علاوه بر فقدان فضای کافی به منظور تخلیه و بارگیری و انبارسازی کانتینرها، و همچنین عدم دسترسی مناسب به مراکز تولید و جذب کالا، افزایش آلودگی زیست محیطی و افزایش هزینه نهایی حمل و نقل ادامه فعالیت بنادر ساحلی را غیر اقتصادی نشان می‌دهد. بندر خشک به عنوان یک بندر داخلی می‌تواند جایگزین خدمات خاصی از بندر ساحلی گردد. هدف

با توجه به رویکرد تجارت جهانی مبنی بر استفاده از کانتینر در حمل و نقل کالا، افزایش حجم کانتینر ورودی و خروجی در بنادر ایران امری محتمل است. با رشد ابعاد کشتی‌های بزرگ کانتینر این روند همچنان ادامه داشته و بنادر ساحلی را با یک چالش اصلی مبنی بر ضرورت توسعه پسکرانه به دلیل رسوب

شناخت و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر استقرار بنادر خشک در سامانه لجستیکی و اقتصادی داخلی، بیش از پیش می‌افزاید. همچنین برسر راه ایجاد و فعالیت بنادر خشک در ایران مشکلات و موانعی وجود دارد. برخی عواملی که ایجاد بنادر خشک فعال را در کشور با مشکل مواجه ساخته‌اند عبارتند از: نبود هماهنگی بین سیاست‌گزاران در سطوح کشوری، منطقه‌ای و ملی، نبود هماهنگی بین بخش‌های مختلف حمل و نقل در داخل کشور، وجود کاغذ بازی اداری و تداخل منافع سیاسی، سیاست‌های حمایتی دولت از بخش جاده در اغلب موارد، عدم تمایل بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری بلند مدت در زمینه تامین امکانات، تغییرات پی در پی در سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌ها از سوی بخش دولتی و همه این مشکلات ناشی از عدم برنامه ریزی صحیح و آینده نگری بوده است (بالالی و همکاران، ۱۳۹۴)

۳. مبانی نظری و پیشینه علمی موضوع

بنادر خشک یک پایانه درون سرزمینی برای تجمع و توزیع کالا است که ماهیتی شبیه به بنادر ساحلی دارند که شامل خدمات گمرکی نیز می‌شوند. امکانات بنادر ساحلی که در بنادر خشک نیز وجود دارند شامل تجهیزات حمل و نقل کانتینری (و همچنین کالاهای فله)، زیرساخت‌های حمل و نقل چندوجهی، حضور شرکت‌های حقیقی و حقوقی مرتبط با حمل و نقل کالا در محل (اعم از شرکت‌های تخلیه و بارگیری، خدمات بندری، بارشماری و ...) و خدمات تکمیلی دیگر مانند ارزیابی گمرکی، پرداخت مالیات، انبارداری، تعمیر و نگهداری، خدمات بانکی و خدمات ارتباطات الکترونیکی و اطلاعاتی می‌شود (ESCAP, 2006). بنادر خشک، پایانه‌های ترکیبی درون‌مرزی هستند که به عنوان بازار عمده داخلی جهت جذب و توزیع کالا معرفی گشته و نیازمند بکارگیری تمهیدات مکان‌یابی صحیح این پایانه‌ها می‌باشند تا علاوه بر خارج کردن ترافیک کالاها از بنادر ساحلی، مسایل زیست محیطی شهرها را نیز تامین کنند. تسهیلات فراموش شده در یک بندر خشک به طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت می‌باشد (نوجیان، ۱۳۸۴). بندر خشک یک پایانه ترکیبی در پسرکرانه است که به صورت مستقیم توسط نوع حمل و نقل ظرفیت بالا، به طور ویژه حمل و نقل ریلی، به یک یا چند بندر ساحلی متصل است. تجهیزات لازم و کافی برای مواجهه با ترافیک ناشی از چندین شیوه حمل و نقل اعم از جاده‌ای، ریلی و هوایی در آن در نظر

اصلی استقرار بندر خشک انجام خدمات خاص کانتینری است که شرایط فیزیکی و مالی خاصی را برای انجام در بندر ساحلی پر ازدحام دارند. بندر خشک به دلیل دارا بودن از تجهیزات و امکانات پیشرفته و همچنین خصوصیت حمل و نقلی چندوجهی باعث افزایش سود و منفعت می‌گردد و از لحاظ طراحی شبکه به گونه‌ای است که استقرار آن می‌تواند هزینه ارسال کانتینر را کاهش دهد (Tsilingiris and Laguardia, 2007). با استفاده روان و منسجم از پایانه‌های داخلی و تجهیزات حمل و نقلی می‌توان انتشار گازها و مواد آلوده‌کننده محیط زیست را کاهش داد (Beresford and Dubey, 1991). زیرا بندر خشک از طریق پیدایش راه‌هایی برای انتقال کالا از سیستم جاده به سیستم‌های حمل و نقلی با بهره‌وری بالاتر کمک می‌کند. این سیستم‌ها از نظر مصرف انرژی بهینه هستند و آسیب کمتری به محیط زیست وارد می‌کنند (Roso et al., 2008). علاوه بر فواید عمومی بنادر خشک برای محیط زیست و کیفیت زندگی به وسیله انتقال سیستم حمل و نقل از جاده‌ای به ریلی، بنادر خشک تضمین کننده بازار بنادر ساحلی در سرزمین داخلی و افزایش عملکرد بنادر ساحلی بدون توسعه فیزیکی این بنادر و همچنین ارایه بهتر سرویس‌های مورد نیاز شرکت‌های کشتیرانی و اپراتورهای بندری خواهند بود. شهرهای بنادر ساحلی نیز از ترافیک راه‌های جاده‌ای و همچنین از هزینه ساخت زیرساخت جاده‌ای جدید رها می‌گردند (Roso et al., 2008). با توجه به عنوان مقاله در اینجا دو سوال مطرح است که ۱- مهمترین عوامل مؤثر بر استقرار بندر خشک در ایران کدامند؟ و ۲- اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر استقرار بندر خشک در ایران چگونه است؟

هدف از انجام این تحقیق ۱- شناسایی عوامل مؤثر بر استقرار بندر خشک در ایران و ۲- رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر استقرار بندر خشک در ایران است.

۲. بررسی وضع موجود و گذشته موضوع

در کشور ما ایجاد بنادر خشک سالیان درازی است که از سوی مسوولان مطرح شده است، اما تاکنون هیچ بندر خشکی به شکل مطلوب در کشور فعال نشده است. در نتیجه توسعه بهینه بنادر خشک در کشور می‌تواند فرصت‌های زیادی در زمینه اقتصادی (افزایش تجارت و ترانزیت) لجستیکی را موجب شود (سعیدی و جعفری، ۱۳۹۳). این امر بر اهمیت تحلیل راهبردی و همچنین

پسکرانه نیازمند هستند. این امر در بسیاری از موارد به تغییر مکان بندر از نزدیکی شهرها به نقاط کمتر توسعه یافته می‌گردد. کانتینر باعث تغییر مکان مراکز صنعتی و نیروی کار نیز می‌شود. اقتصاد جهانی و رشد کانتینر نه تنها اقتصاد بلکه محیط‌زیست، سیاست و حتی فرهنگ را تحت تاثیر قرار می‌دهد که کشتی‌های کانتینری با یک فن‌آوری ساده، تاثیر بسیار زیادی در ایجاد این تغییرات داشته‌اند (Tamlinson, 2009). بندر خشک تنها باعث کاهش ارتباطات مستقیم جاده‌ای به بندر ساحلی نمی‌شوند، بلکه فرصتی جهت انتقال فعالیت‌هایی که سبب تراکم در دروازه‌های بندر ساحلی شده‌اند، به بندر خشک فراهم می‌گردد. این فعالیت‌ها شامل ترخیص از گمرک، بررسی‌های حفاظتی و رسیدگی به اطلاعات می‌باشد. همچنین جا به جایی فیزیکی، همانند تخلیه و انبار کانتینرهای پر و خالی می‌تواند در بندر خشک انجام شده و سبب صرفه‌جویی در فضای گران‌بهای بندر ساحلی گردد (Jarzemskis and Vasiliauskas, 2007). بندر خشک می‌تواند از لحاظ مصرف انرژی، کم کردن ضررهای محیط‌زیست، پایین آوردن تراکم کاری در بندر ساحلی و ایجاد راه‌حل‌هایی برای ارایه تدارکات بهتر به کشتی‌های باربری در مناطق پسکرانه بندر ساحلی مؤثر واقع شوند (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۰). در حال حاضر در کشورهای بسیاری بندر خشک راه اندازی شده‌اند و نقش مهمی در توسعه وضعیت حمل و نقل کالا و به ویژه کالای کانتینری دارند. در کشورهای آمریکا، برزیل و کانادا در قاره آمریکا، اسپانیا، ایتالیا، آلمان، بلژیک، دانمارک، سوئد، فرانسه، فنلاند و هلند در اروپا، استرالیا و زلاندنو در اقیانوسیه، امارت متحده عربی، پاکستان، فیلیپین، کامبوج و هندوستان در آسیا و تانزانیا، سوازیلند و غنا در آفریقا طرح‌های مهمی از بندر خشک راه اندازی شده‌اند (ایزدی و همکاران، ۱۳۹۱).

۴. روش و روش‌شناسی بکار برده شده برای موضوع

این تحقیق کاربردی می‌باشد و از روش دلفی برای تحلیل، بررسی و نتیجه‌گیری استفاده نموده است. به‌منظور بهره‌گیری از روش دلفی از تیم متخصص و خبره متشکل از ۸ نفر کارشناس خبره در امور بندری و دریایی استفاده شده است. ابتدا با مرور ادبیات و پیشینه تحقیق، استفاده از نقطه نظرات خبرگان و کارشناسان و صاحب نظران امور بندری و دریایی و مشاهده فهرست جامعی از عوامل مؤثر بر ایجاد بندر خشک شناسایی

گرفته شده‌اند و مشتریان می‌توانند کالاهایشان را با استفاده از شیوه‌های مختلف حمل و نقل به آن ارسال کنند یا از آن تحویل بگیرند (Roso, 2007). باتوجه به رونق صنعت حمل و نقل دریایی به ویژه تأثیراتی که کانتینر بر این صنعت دارد، مشکلاتی را پیش روی بندر گذاشته است. مهمترین مشکلات پیش روی بندر فقدان فضای کافی به منظور انبارسازی و عدم وجود دسترسی مطلوب به مقاصد کالا است. یکی از راه‌های چیره شدن بر این مشکلات ایجاد بندر خشک است. علاوه بر رفع مشکلات مذکور، کاهش تراکم جاده‌ای و مصرف سوخت، کاهش نیاز به خرید اراضی گران قیمت بندری و ... از جمله مزایای ایجاد بندر خشک است (شیخ الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۰). اهمیت بندر خشک برای توسعه حمل و نقل کانتینری به حدی است که می‌توان ادعا نمود بدون وجود بندر خشک، کشور قادر به بهره‌مندی کامل از مزایای کانتینری شدن، علی‌رغم پرداخت هزینه‌های آن نخواهد بود. علت این امر این است که بندر خشک شرایط حمل انبوه را از طریق ایجاد بازار متمرکز خدمات کانتینری در داخل کشور برای حمل ریلی کانتینر فراهم می‌سازد. به طور قاطع می‌توان گفت توسعه حمل ریلی کانتینر در گرو ایجاد و توسعه بندر خشک بوده و تقریباً تمام کشورها، توسعه حمل ریلی کانتینر خود را مدیون بندر خشک هستند (Jarzemskis and Vasiliauskas, 2007). علاوه بر خدمات اولیه انتقال بار که هر پایانه درون مرزی ارایه می‌دهد، خدماتی نظیر ذخیره بار، استحکام بخشی، انبار کانتینرهای خالی، مراقبت و تعمیر کانتینرها و ترخیص گمرک باید به بهترین وجه ممکن در بندر خشک ارایه شود. کیفیت دسترسی به بندر خشک و کیفیت پیوند راه‌های زمینی، خطوط راه آهن و راه‌های دریایی تعیین کننده کیفیت عملکرد پایانه‌ها است. بنابراین، لازم است حمل و نقل برنامه‌ریزی شده و قابل اعتماد با گنجایش بالا برای انتقال بار میان بندر دریایی و بندر خشک وجود داشته باشد. هدف بندر خشک بهبود شرایط از طریق افزایش جریان ورودی کانتینر و تمرکزشان بر امنیت و کنترل با استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی و ارتباطی است (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۰). کاهش هزینه استفاده از نیروی کار، تخلیه و بارگیری سریعتر و افزایش ظرفیت کشتی‌ها به موازات تغییرات صورت گرفته در بندر اتفاق می‌افتد. کشتی‌های بزرگتر نیاز به افزایش عمق آب اسکله‌ها دارند. اما مهمتر از همه نیاز به فضای بندری بیشتر برای استفاده از کانتینر است. کانتینرها نیاز به انبار ندارند، لیکن به اندازه خود و فضای تجاری لازم به

۱- اصل ایجاد ساختار سلسله مراتبی: اجزای سیستم شامل عوامل اصلی، زیرمجموعه عوامل اصلی و نهایتاً گزینه‌ها به صورت سلسله مراتبی از بالا به پایین طرح‌ریزی می‌شوند. عموماً مدل‌هایی از این قبیل در سه سطح هدف‌ها، معیارها و گزینه‌ها یا راه‌حل‌ها تدوین می‌شوند (Saaty, 1990).

۲- اصل تعیین اولویت‌بندی: به دلیل یکسان نبودن اهمیت عوامل، پس از تکمیل ماتریس مقایسه‌ای، امر ارزش‌گذاری عوامل و فاکتورها با استفاده از جدول ۱ انجام می‌شود که به این ترتیب، ترجیحات از طریق مقایسات زوجی مشخص می‌گردند و نتایج این مقایسات به صورت جدول ۲ نشان داده می‌شوند، که در آن هر عضو ماتریس مقایسات زوجی a_{ij} از مقایسه شاخص i با شاخص j و بر اساس مقادیر جدول ۱ به دست می‌آید (مومنی، ۱۳۹۳).

جدول ۱: ارزش‌گذاری در روش تحلیل سلسله مراتبی

ارزش	اولویت‌ها	توضیحات
۱	ترجیح یکسان	گزینه یا شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارد و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	کمی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهمتر است.
۵	خیلی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهمتر است.
۷	خیلی زیاد مرجح	گزینه i دارای ارجحیت خیلی بیشتر از j است.
۹	کاملاً مرجح	گزینه i از j مطلقاً مهمتر و قابل مقایسه با j نیست.
۲ و ۴ و ۶ و ۸	بینابین	ارزش‌های بین، ارزش‌های ترجیحی را نشان می‌دهند.

جدول ۲: مقایسه زوجی شاخص‌ها (مومنی، ۱۳۹۳)

شاخص n	...	شاخص ۲	شاخص ۱	شاخص‌ها
a_{1n}	...	a_{12}	۱	شاخص ۱
a_{2n}	...	۱	a_{21}	شاخص ۲
...	۱
۱	...	a_{n2}	a_{n1}	شاخص n

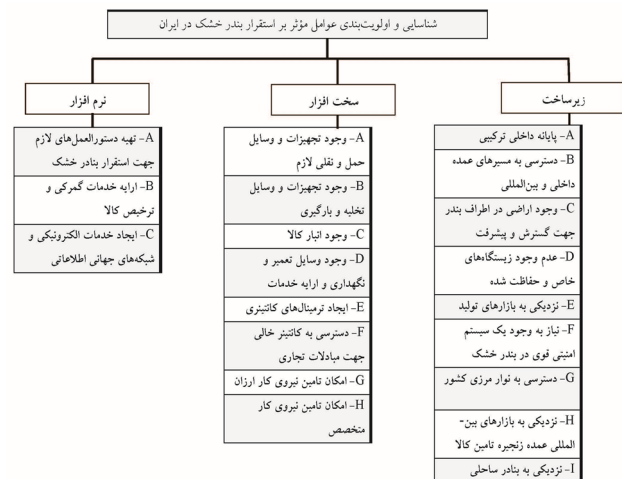
در مرحله بعد ماتریس بی‌مقیاس یا به هنجار را با تقسیم هر عضو در ماتریس مقایسات زوجی بر جمع ستون مربوطه تشکیل می‌دهیم. سپس وزن نسبی هر شاخص را با محاسبه میانگین حسابی هر سطر به دست می‌آوریم، که به آن بردار وزن نسبی شاخص‌ها (W) می‌گویند. ماتریس مقایسات زوجی را برای گزینه‌ها نسبت به هر شاخص نیز به دست می‌آوریم. اکنون وزن نسبی شاخص‌ها را در ماتریس وزن نسبی گزینه‌ها با توجه به هر شاخص ضرب کرده و طبق آن گزینه‌ها را اولویت‌بندی می‌کنیم (قدسی پور، ۱۳۷۵). برای ارزیابی وزن‌ها، بعد از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی، می‌توان از روش‌های مختلفی همچون روش آنتروپی، روش Linmap، روش کمترین مجذورهای وزین شده و یا روش بردار ویژه استفاده نمود (اصغرپور، ۱۳۷۷).

شد و این لیست در اختیار کارشناسان و متخصصان خبره به صورت جداگانه قرار گرفت و از آنها خواسته شد که با توجه به موضوع پژوهش اصلی‌ترین و مهم‌ترین عوامل را شناسایی کنند. برای به اتفاق نظر رسیدن پاسخ‌ها، چندین دور این عوامل اصلی مورد اظهار نظر تیم دلفی قرار گرفتند و اصلاح شدند و در نهایت ۲۰ عامل مؤثر به توافق نظر کارشناسان و خبرگان رسیدند. سپس در مرحله بعد، از گروه متخصص خواسته شد تا این ۲۰ عامل شناسایی شده، در دسته‌بندی و گروه‌بندی‌های خاصی به منظور تهیه پرسشنامه قرار گیرند که همانند مرحله قبل با گذشت چندین دور و نظر کارشناسان نهایتاً این عوامل در قالب ۳ شاخص (۱) زیرساخت (۲) سخت‌افزار (۳) نرم‌افزار مورد بخش‌بندی و دسته‌بندی، توافق و اجماع قرار گرفتند و پس از تأیید پایایی و روایی آن، پرسشنامه نهایی طراحی شد و در اختیار جامعه هدف متشکل از اساتید و متخصصان دانشگاهی، متخصصان در زمینه امور حمل و نقل دریایی، متخصصان روش‌های حمل و نقلی و کارشناسان اقتصادی وزارت راه و ترابری که براساس فرمول کوکران تعداد ۹۶ نفر به دست آمده است، قرار گرفت.

۵. روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

در این تحقیق داده‌های حاصل از پرسشنامه‌ها با استفاده از روش‌های آماری مورد ارزیابی قرار گرفتند و در قالب روش تحلیل سلسله مراتبی مطرح شده‌اند. هدف از AHP ایجاد یا تشکیل سلسله مراتب پیچیدگی یک مسئله طی مدارج طبقه‌بندی شده از بزرگ به کوچک یا از عمومی به مطالب خاص و اختصاصی است تا بتوان با درک از موضوع به دقت بیشتری دست پیدا کرد (احمدی نسب، ۱۳۷۶). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به عنوان یکی از روش‌های MCDM توسط پروفیسور ساعتی (۱۹۹۰) ارائه شده است. زمانی که اولویت به عنوان یک مقیاس جهت ترجیح دادن تصمیمی یا معیاری بر تصمیم یا معیار دیگر استفاده می‌شود، روش تحلیل سلسله مراتبی به کار می‌رود. یعنی بدین طریق مقیاس‌های ناهمگون و غیر یکنواخت را در درون یک قالب و چهارچوب منطقی یکنواخت می‌کنیم تا بتوانیم معیارهایی از جنس‌های مختلف را با هم ترکیب کرده و بین آنها اولویت را تشخیص دهیم (Saaty, 1990). در حل مسایل با استفاده از این روش به سه اصل باید توجه نمود.

تشکیل می‌دهیم (نمودار ۱). سپس ماتریس‌های مقایسات زوجی را برای معیارهای اصلی و فرعی تشکیل داده و درجه اهمیت معیارها را نسبت به هم، تعیین می‌کنیم. سپس محاسبات مربوط به وزن معیارها را انجام داده و کلیه نتایج را در جدول مقایسات زوجی نهایی، ترکیب می‌کنیم. پس از آن با محاسبه IR، سازگاری منطقی بین معیارها را تعیین می‌کنیم. اگر جواب IR از ۰/۱ کوچکتر بود معیارها با هم سازگار هستند و در غیر این صورت باید مجدداً در مقایسات زوجی معیارها تجدید نظر و محاسبات تکرار شود. این خصوص از نرم افزار Expert Choice استفاده می‌گردد و نتیجه نهایی پس از محاسبه به صورت جداولی، حاوی نتایج مقایسات زوجی بین معیارها و وزن نسبی هر معیار و نتایج مقایسات زوجی بین زیرمعیارها و وزن نسبی هر زیرمعیار خواهد بود.



نمودار ۱: سلسله مراتب درختی معیارها و زیرمعیارهای عوامل مؤثر بر استقرار بندر خشک

مقایسه زوجی عوامل شاخص کلی و اصلی با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice مطابق جدول ۴ به شرح ذیل است. نرخ سازگاری براساس این شاخص مقدار (۰/۰۹ < ۰/۱) در محدوده قابل قبول قرار داشته و بین مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد.

جدول ۴: مقایسه زوجی معیارها و وزن نسبی هر معیار

وزن نسبی	نرم افزار	سخت افزار	زیرساخت	شاخص‌های اصلی
۰/۳۰۶	۰/۹۳۶	۰/۸۳۲		زیرساخت
۰/۲۳۳	۰/۸۳۶			سخت‌افزار
۰/۲۶۱				نرم‌افزار
۰/۰۰۹				IR

۳- اصل ثبات منطقی: چنانچه نسبت ثبات (شاخص سازگاری) بیشتر از ۰/۱ باشد، نشانه عدم ثبات در ماتریس بوده و لازم است در وزن‌ها و اولویت‌ها تجدید نظر صورت گیرد. این اصل شاخصی برای سنجش میزان ثبات در مقایسه دو به دو (زوجی) به شمار می‌رود (Saaty, 1990).

برای محاسبه شاخص ناسازگاری، در گام نخست، بردار مجموع وزنی (WSV) را با ضرب ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌ها (D) در بردار وزن‌های نسبی شاخص‌ها (W) به دست می‌آوریم. در گام بعد هر یک از عناصر بردار مجموع وزنی (WSV) را بر هریک از عناصر بردار وزن‌های نسبی (W) تقسیم کرده تا بردار سازگاری (CV) حاصل گردد. در سومین گام میانگین حسابی عناصر بردار CV را محاسبه می‌کنیم و حاصل را با λ_{max} مشخص می‌کنیم. در گام چهارم با استفاده از معادله (۱)، شاخص ناسازگاری را محاسبه می‌کنیم.

$$II = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

در معادله (۱)، n تعداد شاخص‌ها (معیارها) در مساله می‌باشد. در آخرین گام، برای محاسبه نرخ ناسازگاری از معادله (۲) استفاده می‌کنیم.

$$IR = \frac{II}{IRI} \quad (2)$$

در معادله (۲)، مقدار IRI که به آن شاخص ناسازگاری تصادفی گفته می‌شود را از جدول ۳ و براساس تعداد شاخص‌های مساله (n)، به دست می‌آوریم (مومنی، ۱۳۹۳).

جدول ۳: شاخص ناسازگاری تصادفی (مومنی، ۱۳۹۳)

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
IRI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۵۱

بنابراین AHP در ابتدا، یک مسأله پیچیده و چندمعیاره را به سلسله سطوح تجزیه می‌نماید که هر سطح از چندین عنصر تشکیل شده است؛ سپس این عناصر نیز به مجموعه دیگری از عناصر تجزیه می‌گردند (اصغری‌پور، ۱۳۷۷).

۶. تحلیل یافته‌ها

در ادامه این تحقیق، با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، ابتدا درخت سلسله مراتبی را برای سطوح مختلف

نرم‌افزار Expert Choice مطابق جدول ۷ به شرح ذیل است. نرخ سازگاری براساس این شاخص مقدار (۰/۰۲ < ۰/۱) در محدوده قابل قبول قرار داشته و بین مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد.

همان‌طور که از جداول ۴ تا ۷ مشاهده می‌شود هر یک از معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر ایجاد بنادر خشک در ایران وزن خاصی را به خود اختصاص داده‌اند. به‌منظور اولویت‌بندی می‌بایست همه معیارها و زیرمعیارها با توجه به هدف مسئله با یکدیگر تلفیق و ستنز شده و ارجحیت هرکدام از زیرمعیارها مشخص گردد که مطابق جدول ۸ نتایج حاصله بیان شده است.

مقایسه زوجی عوامل براساس شاخص زیرساخت با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice مطابق جدول ۵ به شرح ذیل است نرخ سازگاری براساس این شاخص مقدار (۰/۰۱ < ۰/۱) در محدوده قابل قبول بوده و بین مقایسه زوجی سازگاری وجود دارد.

مقایسه زوجی عوامل براساس شاخص سخت‌افزار با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice مطابق جدول ۶ به شرح ذیل است. نرخ سازگاری براساس این شاخص مقدار (۰/۰۵ < ۰/۱) در محدوده قابل قبول بوده و بین مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد.

مقایسه زوجی عوامل براساس شاخص نرم‌افزار با استفاده از

جدول ۵: مقایسه زوجی زیر معیارهای زیرساخت

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	وزن نسبی
A		۰/۷۲۷	۰/۶۶۶	۱/۴۶۰	۱/۶۹۹	۱/۴۳۱	۱/۶۸۲	۱/۰۹۶	۱/۱۲۹	۰/۱۳۷
B			۱/۰۹۵	۱/۱۹۷	۱/۲۶۴	۱/۴۰۱	۱/۱۷۴	۱/۰۴۸	۱/۳۴۵	۰/۱۳۲
C				۱/۰۴۰	۱/۵۳۰	۱/۲۴۹	۱/۳۰۹	۱/۱۲۴	۱/۰۳۴	۰/۱۲۸
D					۱/۳۱۵	۱/۳۴۵	۱/۷۱۷	۰/۹۹۶	۱/۲۰۸	۰/۱۱۷
E						۰/۷۶۶	۱/۸۶۷	۰/۷۰۵	۰/۵۷۴	۰/۰۸۸
F							۱/۸۰۴	۰/۷۳۵	۰/۶۴۰	۰/۰۹۷
G								۰/۶۲۶	۰/۸۰۹	۰/۰۷۶
H									۰/۹۹۹	۰/۱۱۹
I										۰/۱۱۶
IR										

جدول ۶: مقایسه زوجی زیرمعیارهای سخت‌افزار

	A	B	C	D	E	F	G	H	وزن نسبی
A		۰/۴۷۴	۱/۵۹۱	۱/۷۰۴	۱/۶۸۸	۱/۹۰۳	۱/۷۶۶	۱/۷۴۹	۰/۱۶۱
B			۱/۶۷۰	۱/۵۲۱	۱/۵۰۱	۱/۶۹۰	۱/۷۴۲	۱/۵۱۹	۰/۱۸۵
C				۲/۰۲۵	۱/۹۴۳	۱/۷۹۸	۱/۸۲۰	۲/۰۱۶	۰/۱۵۷
D					۰/۵۰۹	۲/۲۴۰	۲/۲۵۶	۰/۴۶۷	۰/۰۹۹
E						۲/۳۵۹	۲/۱۲۴	۰/۵۲۶	۰/۱۱۸
F							۰/۴۸۷	۰/۴۸۸	۰/۰۶۴
G								۰/۴۳۸	۰/۰۷۷
H									۰/۱۳۸
IR									

جدول ۷: مقایسه زوجی زیرمعیارهای نرم‌افزار

	A	B	C	وزن نسبی
A		۰/۹۱۵	۱/۲۱۵	۰/۳۴۴
B			۱/۱۲۹	۰/۳۵۶
C				۰/۳۹۹
IR				

جدول ۸: اولویت‌بندی شاخص‌های اصلی و فرعی مؤثر بر استقرار بندر خشک

اولویت‌ها	وزن تلفیقی	وزن معیار اصلی	وزن زیرمعیارها	معیارهای فرعی	معیارهای اصلی
۳	۰/۰۳۸		۰/۱۲۷	پایانه داخلی ترکیبی	زیرساخت
۱	۰/۰۴۰		۰/۱۳۲	دسترسی به مسیرهای عمده داخلی و بین‌المللی	
۲	۰/۰۳۹		۰/۱۲۸	وجود اراضی در اطراف بندر جهت گسترش و پیشرفت	
۵	۰/۰۳۵		۰/۱۱۷	عدم وجود زیستگاه‌های خاص و حفاظت شده	
۸	۰/۰۲۷	۰/۳۰۶	۰/۰۸۸	نزدیکی به بازارهای تولید	
۷	۰/۰۲۹		۰/۰۹۷	نیاز به وجود یک سیستم امنیتی قوی در بندر خشک	
۹	۰/۰۲۳		۰/۰۷۶	دسترسی به نوار مرزی کشور	
۴	۰/۰۳۶		۰/۱۱۹	نزدیکی به بازارهای بین‌المللی عمده زنجیره تامین کالا	
۶	۰/۰۳۵		۰/۱۱۶	نزدیکی به بنادر ساحلی	
۲	۰/۰۵۳		۰/۱۶۱	وجود تجهیزات و وسایل حمل و نقلی لازم	
۱	۰/۰۶۱		۰/۱۸۵	وجود تجهیزات و وسایل تخلیه و بارگیری	سخت افزار
۳	۰/۰۵۲		۰/۱۵۷	وجود انبار کالا	
۶	۰/۰۳۲	۰/۳۳۳	۰/۰۹۹	وجود وسایل تعمیر و نگهداری و ارائه خدمات	
۵	۰/۰۳۹		۰/۱۱۸	ایجاد ترمینال‌های کانتینری	
۸	۰/۰۲۱		۰/۰۶۴	دسترسی به کانتینر خالی جهت مبادلات تجاری	نرم افزار
۷	۰/۰۲۵		۰/۰۷۷	امکان تامین نیروی کار ارزان	
۴	۰/۰۴۶		۰/۱۳۸	امکان تامین نیروی کار متخصص	
۲	۰/۱۲۴		۰/۳۴۴	تهیه دستورالعمل‌های لازم جهت استقرار بنادر خشک	
۱	۰/۱۲۸	۰/۳۶۱	۰/۲۵۶	ارائه خدمات گمرکی و ترخیص کالا	
۳	۰/۱۰۷		۰/۲۹۹	ایجاد خدمات الکترونیکی و شبکه‌های جهانی اطلاعاتی	

۷. خلاصه، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

پیشرفت، وجود تجهیزات و وسایل حمل و نقلی لازم، تهیه دستورالعمل‌های لازم جهت استقرار بندر خشک، پایانه داخلی ترکیبی (حداقل دارای دو شیوه حمل و نقل)، وجود انبار کالا، ایجاد خدمات الکترونیکی و شبکه‌های جهانی اطلاعاتی و ... هستند. راهکارها با توجه به عواملی که بیشترین تاثیرگذاری را بر احداث بندر خشک در ایران داشته باشند، ارائه شده است که شامل موارد زیر می‌باشد.

- ۱- تهیه لوازم تخلیه و بارگیری مدرن و پیشرفته جهت استقرار بندر خشک.
- ۲- احداث بندر خشک حتی الامکان در مسیرهای کریدوری موجود و بخش‌هایی که امکان گسترش آن وجود داشته باشد.
- ۳- ایجاد یک سیستم حمل و نقلی قوی به منظور تسریع در امر جابجایی کالا و جلوگیری از گزینگی‌های توقف کالا در بندر.
- ۴- ایجاد زیرساخت‌های خدمات الکترونیکی.
- ۵- تبلیغات گسترده راجع به مزایای استقرار بندر خشک.
- ۶- مدیریت هدفمند و قوی و تدوین راهبردهایی به منظور تسریع در روند احداث بندر خشک.
- ۷- ایجاد و راه اندازی گمرک الکترونیک.
- ۸- الگوبرداری از کشورهای موفق در این بخش و استفاده از مطالعات تطبیقی در این زمینه.

در سال‌های اخیر رشد فزاینده تجارت کانتینری، بندر را با مشکل ترافیک روبه‌رو نموده است. لذا وجود یک بندر خشک به عنوان نقطه عطف تعویض انواع مختلف حمل و نقل و توسعه ساز صنعت کانتینرآسیون، در کشور حایز اهمیت است. بندر خشک در حقیقت نقش یک پایانه ترکیبی از چندین شیوه حمل و نقلی (جاده‌ای، ریلی و هوایی) را ایفا می‌کند که با استفاده از یک نوع حمل و نقل با ظرفیت بالا مانند قطار به بندر ساحلی متصل می‌شود و تاثیر بسزایی در بهبود کارایی بندر دارد، زیرا از طریق ایجاد یک بازار متمرکز خدمات کانتینری، حجم انبوهی از کانتینر را از طریق حمل ریلی انتقال داده و زمینه توسعه حمل ریلی کانتینر را فراهم می‌سازد. این پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP برای اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر احداث بندر خشک استفاده شده است. نتایج حاصل از تلفیق معیارها و زیرمعیارها با هدف رتبه‌بندی این عوامل نشان می‌دهد که مهمترین عوامل مؤثر بر استقرار بندر خشک در ایران شامل:

دسترسی به مسیرهای عمده داخلی و بین‌المللی، وجود تجهیزات و وسایل تخلیه و بارگیری، ارائه خدمات گمرکی و ترخیص کالا، وجود اراضی در اطراف بندر جهت گسترش و

۹- استفاده از بخش خصوصی در این گونه بنادر نیز می‌تواند مؤثر باشد.

منابع

- پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۳ صفحه.
- مومنی، م.، ۱۳۹۳. مباحث نوین تحقیق در عملیات. تهران، ۳۶۰ صفحه.
- Beresford, A.; Dubey, R.C., 1991. Handbook on the management and operation of dry ports. UNCTAD. Geneva. 103P.
- ESCAP, 2006. Committee on managing globalization. United Nations Economic and Social Council. Bangkok, 1-4PP.
- Jarzemskis, A.; Vasiliasukas, A.V., 2007. Research on dry port concept as intermodal node. Transport Research. 12 (3): 207-213.
- Roso, V., 2007. Emergence and significance of dry ports. Transportation Research. 2(4): 296-310.
- Roso, V.; Woxenius, J.; Lumsden, K., 2008. The dry port concept: Connecting container seaports with the hinterland. Transport Geography, 1-7PP.
- Saaty, T.L., 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research. 48(1): 9-26.
- Tamlinson, J., 2009. History and impact of the intermodal shipping container. Pratt Institute, 1-9PP.
- Tsilingiris, P.S.; Laguardia, T.C., 2007. Dry Vis-à-vis water ports: Partners or competitors? The case of Spain. Proceedings of the 1st International Scientific Conference Competitiveness and Complementarity of Transport Modes – Perspectives for the Development of Intermodal Transport. May 10-12, 2008. University of the Aegean, Chios. Greece. 35-55.
- احمدی نسب، س.، ۱۳۷۶. تکنیکی نوین در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری. سازمان بنادر و دریانوردی استان تهران. صفحات ۲۵-۱.
- اصغرپور، م.، ۱۳۷۷. تصمیم‌گیری‌های چند معیاره. تهران. چاپ دهم. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۰ صفحه.
- ایزدی، م.؛ جوادی، ح.؛ طویایی، م.، ۱۳۹۱. بررسی مزیت‌های رقابتی تاسیس بندر خشک با استفاده از روش مدل تصمیم‌گیری چندوجهی AHP مطالعه موردی بندر بوشهر- برازجان. چهاردهمین همایش صنایع دریایی. صفحه ۱.
- بلالی، ا.؛ امرایی، ب.؛ طالبی‌زاده، ا.، ۱۳۹۴. بررسی مشکلات و موانع فعالیت بنادر خشک در کشور و ارائه راهکارهای مناسب. فصلنامه علوم و فناوری دریا. شماره ۷۵. صفحه ۳۶.
- سعیدی، ن.؛ جعفری، ح.، ۱۳۹۳. تحلیل و اولویت‌بندی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدات بنادر خشک ایران با استفاده از مدل‌های SWOT و AHP. نشریه اقیانوس‌شناسی، شماره ۲۰، سال پنجم، صفحات ۱۰۵-۹۵.
- سعیدی، س.؛ نورامین، ا.؛ جوادپور، م.؛ مطهری، ا.، ۱۳۹۰. مفهوم بندر خشک با نگاهی ویژه به نیازمندی ایجاد آن در کشور ایران. نشریه دریا و کشتی. شماره ۱. سال دوم. صفحات ۵۴-۳۹.
- شیخ‌الاسلامی، ع.؛ براتی، ا.؛ افتخاری یگانه، ی.؛ ایلاتی، غ.، ۱۳۹۰. بررسی تأثیرات وجود بنادر خشک در رفع مشکلات بنادر ساحلی. نشریه دریا و کشتی. شماره ۱. سال دوم. صفحات ۱۵-۵.
- قدسی پور، ح.، ۱۳۷۵. فرایند سلسله‌مراتبی (AHP). تهران. مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر. ۲۲۲ صفحه.
- نوحیان، آ.، ۱۳۸۴. رایه الگوی مناسب مکان‌یابی پایانه‌های برون‌شهری،