

تحلیل افزایشی نسبت سود به هزینه در مکان‌یابی بنادر خشک در ایران

عبدالرضا شیخ‌الاسلامی، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
 الهام براتی*، دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران،
 پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Ebarati@civileng.iust.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۱۵ - پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۰

چکیده

با رونق بازار حمل‌ونقل دریایی و استفاده روزافزون از کانتینر، حجم وسیعی از کانتینرها به سمت بنادر ساحلی سوق پیدا کرده است. مدت زمان زیاد حضور کانتینرها در بنادر کشور و همچنین ساختار سنتی حمل‌ونقل کانتینری داخل کشور نه تنها موجب مصرف زیاد سوخت می‌شود، بلکه افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی و تراکم ترافیک جاده‌ای و تصادفات را نیز در پی دارد. از این رو یکی از راهکارهای موجود در این زمینه در سایر کشورها موفق بوده است، ایجاد بنادر خشک یا بنادر لجستیکی داخلی است. ایده حضور بنادر خشک در فاصله‌ای مشخص از بنادر ساحلی سبب کاهش بسیاری از مشکلات بنادر ساحلی شده است؛ اما بنادر خشک مانند تمامی مراکز خدمت‌رسانی نیازمند تعیین مکان بهینه‌اند و توسعه صحیح آنها دستاوردهای ارزشمندی را در پی خواهد داشت. هدف اصلی و کلی در این مطالعه، مکان‌یابی محل احداث بنادر خشک در کشور است. مکان‌یابی این بنادر تحت تأثیر معیارهای کمی و کیفی مختلف و گاه متضاد است. با توجه به اینکه فرایند سلسله‌مراتبی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است و قابلیت در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد، در این تحقیق برای تعیین اوزان معیارها و گزینه‌ها از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده و بعد از رتبه‌بندی گزینه‌ها، نتایج مقایسه شد. در این مطالعه با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و تحقیقات میدانی به تدوین معیارهای مؤثر در مکان‌یابی بنادر خشک پرداخته می‌شود. سپس این معیارها به معیارهای سود و هزینه تقسیم شده و درخت تصمیم هر کدام به صورت جداگانه ترسیم و با استفاده از پرسشنامه و مقایسه زوجی وزن معیارهای مؤثر تعیین می‌شود. در نهایت با استفاده از روش تحلیل افزایشی نسبت سود به هزینه جایگزین‌های موجود برای احداث بندر خشک رتبه‌بندی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بندر خشک، حمل‌ونقل کانتینری، بندر ساحلی، فرایند سلسله‌مراتبی، سود به هزینه

۱- مقدمه

مشکلات بنادر ساحلی را به‌طور کامل حل نمی‌کند اما به‌عنوان راهکاری کارآمد تأثیر زیادی در کاهش مشکلات اساسی حمل بار و نیز عملیات بهره‌برداری خواهد داشت. بنادر خشک نیز مانند تمامی مراکز خدمت‌رسان نیازمند مکان‌یابی بهینه‌اند و توسعه صحیح آنها دستاوردهای ارزشمندی را در پی خواهد داشت. کاهش هزینه حمل‌ونقل، کاهش مصرف سوخت، کاهش مشکلات ترافیکی مسیرهای منتهی به بنادر ساحلی، کاهش تراکم در بنادر ساحلی، کاهش نرخ تصادفات و افزایش ایمنی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی شهرهای ساحلی از

توسعه حمل‌ونقل کانتینری در دهه‌های اخیر مهم‌ترین رویداد حمل‌ونقل جهانی بوده که به انقلابی در حمل‌ونقل بین‌المللی تعبیر شده است. امروزه مهم‌ترین مشکلی که بنادر ساحلی به‌علت رشد سریع استفاده از کانتینر در حمل‌ونقل دریایی با آن مواجه‌اند، فقدان فضای کافی به‌منظور انبارسازی و نبود دسترسی مطلوب به مقاصد کالا به‌علت استفاده از شیوه‌های سنتی انتقال کالا است. برای کاهش این مشکلات و برون‌رفت از بحران‌های احتمالی، یکی از راهکارهای مؤثر بررسی شده، احداث بنادر خشک است. به‌کارگیری این طرح،

این دستاوردهاست.

نکته اساسی در مسائل مکان‌یابی تعیین و تحلیل فاکتورهای مؤثر در انتخاب محل است. به عبارتی دیگر مسئله انتخاب یک مکان، نوعی تصمیم‌گیری چندجانبه یا چندمعیاره است. مهم‌ترین بخش استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری، انتخاب هدف مناسب برای رسیدن به بهترین نتیجه است. هدف مسئله پیش رو، بیشینه کردن بهره‌وری از امکانات (منابع) و کمینه کردن هزینه‌ها در محل مکان‌یابی شده است. برای رسیدن به هدف، ابتدا معیارهای اولیه هر بندر خشک مشخص شد و با در نظر گرفتن شرایط مکان‌های مختلف، آلترناتیو‌هایی که این معیارها را ارضا می‌کنند، انتخاب شدند. با استفاده از این روش و با توجه به در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی در این تحقیق، سعی شده است مدل‌سازی جامعی برای مکان‌یابی بنادر خشک در ایران با توجه به شرایط بومی کشور انجام پذیرد.

۲- تعریف بندر خشک

بنادر ساحلی به‌عنوان نقطه تبادل کالا، گاه شاهد ماندگاری طولانی کالا هستند. ایجاد بنادر خشک کمک می‌کند که با کوتاه کردن مدت ماندگاری کالاها در بنادر ساحلی، بتوان آنها را در فاصله زمانی کوتاهی از بنادر ساحلی به بنادر خشک انتقال داد و هزینه سنگین گسترش اراضی بنادر از راه رفع معارض و احیای زمین را صرف ایجاد بنادر خشک و شبکه اتصال بنادر ساحلی به بنادر خشک کرد.

بنادر خشک پایانه‌ای ترکیبی در پس‌کرانه است که به‌صورت مستقیم توسط یک شیوه ترافیکی پرطرفیت، به یک یا چند بندر ساحلی متصل است. در این پایانه تجهیزات لازم و کافی برای مواجهه با ترافیک ناشی از چندین شیوه حمل‌ونقل اعم از جاده‌ای، ریلی و هوایی در نظر گرفته شده‌اند و مشتریان می‌توانند کالاهایشان را با استفاده از شیوه‌های مختلف به آن ارسال یا دریافت کنند (Roso, 2007). تعریف دیگری که در سازمان ملل متحد در سال ۱۹۸۲ از بندر خشک بیان شده عبارت است از: یک پایانه درون‌سرزمینی که بارنامه کالاهای وارداتی و صادراتی شرکت‌های کشتیرانی را با پذیرش مسئولیت کامل هزینه‌ها و شرایط صادر می‌کند (UNCTAD, 1991).

اهمیت بنادر خشک برای توسعه حمل‌ونقل کانتینری به‌حدی است که می‌توان ادعا کرد بدون وجود بندر خشک،

کشور قادر به برخورداری کامل از مزیت‌های کانتینری شدن با وجود پرداخت هزینه آن نخواهد بود. بندر خشک شرایط حمل انبوه را از طریق ایجاد بازار متمرکز خدمات کانتینری در داخل کشور برای حمل ریلی کانتینر فراهم می‌آورد؛ از این رو وجود بندر خشک شرط لازم موفقیت راه‌آهن در حمل کانتینر است، به‌طوری که بدون بندر خشک، بازار حمل کانتینر برای راه‌آهن در کوتاه‌مدت بازاری سربار است و در بلندمدت به‌علت غیر اقتصادی بودن، حتی پابرجا نخواهد بود. در شکل ۱ جایگاه بندر خشک در چرخه حمل‌ونقل کالا نشان داده شده است (تایدواتر، ۱۳۸۷). علاوه بر خدمات پایه‌ای که پایانه‌های سنتی کالا در پس‌کرانه ارائه می‌دهند، خدماتی نظیر انبارسازی کالا، نگهداری از کانتینرهای خالی، تعمیرات کانتینر، امور گمرکی، ترخیص و پشتیبانی کالا نیز در بنادر خشک ارائه می‌شوند. حد دسترسی به بندر خشک و همچنین کیفیت آن، عملکرد یک پایانه را مشخص می‌سازند. در نتیجه، این امر بسیار مهم است که حمل‌ونقل قابل اطمینان و برنامه‌ریزی‌شده میان بندر ساحلی و بندر خشک وجود داشته باشد (نوازش، ۱۳۸۸؛ FDT, 2007).

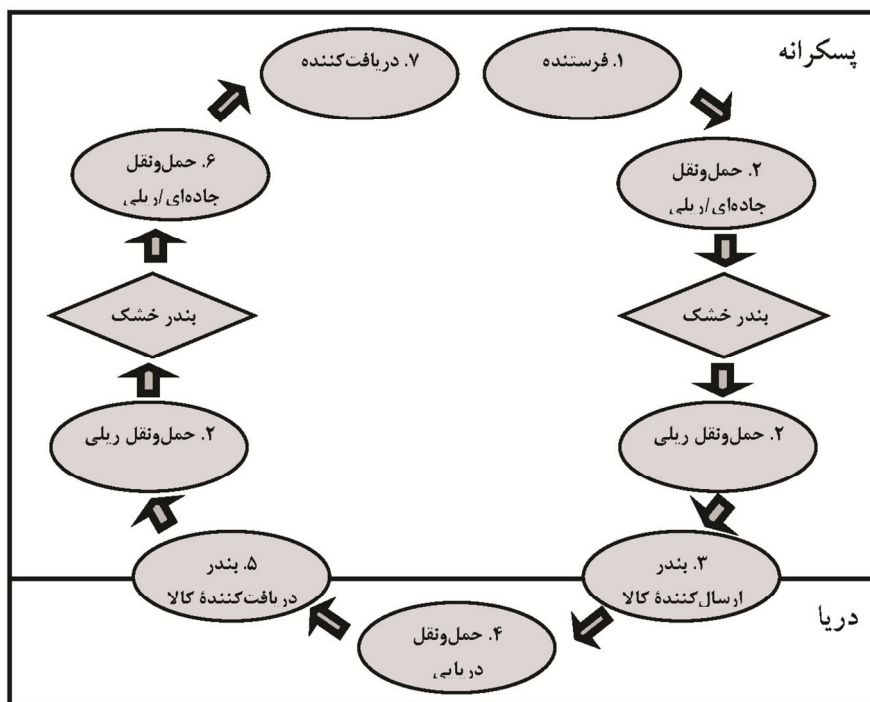
۲-۱- طبقه‌بندی بنادر خشک

بر اساس عملکرد و موقعیت، بنادر خشک به انواع بندر خشک دور، بندر خشک با فاصله متوسط از ساحل و بندر خشک نزدیک دسته‌بندی می‌شوند (Roso, Woxenius and Lumsden, 2008). بندر خشک دور معمولی‌ترین و با سابقه‌ترین نوع بنادر خشک است. دلیل اصلی اجرای آن مسافت و مقدار کالایی است که حمل‌ونقل ریلی را در نتیجه ارزیابی‌های اقتصادی، قابل اجرا می‌سازد. در مقایسه با شیوه سنتی انتقال ریلی کالا به/از بنادر، تفاوت این شیوه اساساً به خدمات ارائه‌شده در این بنادر در زمینه مسائل گمرکی و همچنین کاهش ارتباطات مستقیم جاده‌ای به ساحل و در نتیجه کاهش ترافیک مسیرهای منتهی به بندر ساحلی مربوط می‌شود. بندر خشک با فاصله متوسط از ساحل در فاصله مشخصی بین ۳۰ تا ۳۵۰ کیلومتری یک بندر ساحلی قرار می‌گیرد، و از طریق دسترسی جاده‌ای، به مراکز تولید و مصرف کالا متصل می‌شود (Wang, 2009).

با توجه به رشد استفاده از کانتینر در حمل‌ونقل دریایی، مهم‌ترین مشکلاتی که بنادر ساحلی با آنها مواجه‌اند، نبود فضای کافی و دسترسی نامناسب به مراکز تولید و جذب کالا

این نوع بندر خشک محل تلاقی مسیرهای جاده‌ای بسیاری از مراکز تولید و جذب کالا در خارج از شهر مذکور و همچنین مسیر ریلی ویژه به بندر بدون استفاده از معابر شهری و اختلال در عملکرد آنهاست (Frost, 2009).

است. به‌منظور مواجهه با این میزان تقاضا در بندر ساحلی، می‌توان با افزایش ظرفیت آنها از راه ایجاد یک بندر خشک نزدیک به ساحل در محدوده‌های نزدیک به ساحل یا حاشیه شهرهای ساحلی به رفع مشکلات موجود پرداخت. با افزایش ظرفیت بندر، توانایی ارائه خدمات بیشتر و سریع‌تر می‌شود.



شکل ۱. جایگاه بندر خشک در چرخه حمل و نقل کالا (تایداوتر، ۱۳۸۷)

- نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای لازم برای آمار و عملیات اسنادی، کنترل و برنامه‌ریزی عملیات ردگیری و مبادله الکترونیکی داده‌ها؛
- ارائه خدمات گمرکی و ترخیص کالا؛
- دیگر خدمات مرتبط که موجب ارزش افزوده کالا شود.

۳- مروری بر ادبیات موضوع

مکان‌یابی را می‌توان بررسی شاخص‌های مورد نظر یک سازمان براساس یافتن بهترین مکان تهیه، تولید و توزیع (کالا و خدمات)، تعریف کرد؛ به‌نحوی که در درازمدت، هیچ یک از عامل‌های تهیه، تولید و توزیع سازمان دچار بحران نشود. در زمینه پایانه‌های کانتینری و ضرورت احداث آنها ایانونه، اشاره مختصری به تاریخچه حمل و نقل ترکیبی و نقش بندر داخلی در افزایش کارایی و قابلیت رقابتی شدن بندر داشته است (Iannone, Thore and Forte, 2007). در جزوه منتشر شده توسط آنکتاد نیز به فرایندها و شرایط لازم برای احداث

۲-۲- ویژگی‌های ساختاری بندر خشک

- براساس مطالعات، مهم‌ترین ویژگی‌های ساختاری، سخت‌افزاری و نرم‌افزاری یک بندر خشک به‌صورت زیر است (عربشاهی، دادور و تنظیفی، ۱۳۸۹؛ Roso, 2008):
- پایانه داخلی ترکیبی (دست‌کم دو شیوه مختلف حمل و نقل) و دارای فواصل مختلف با بندر یا بندر ساحلی؛
- ارتباط ریلی برنامه‌ای با یک یا چند بندر ساحلی (دست‌کم یک بار در روز)؛
- دسترسی مناسب به نقاط جذب و تولید کالا و عرضه خدمات حمل و نقل ترکیبی کانتینری با استفاده از برنامه‌ها و سایر اسناد و مدارک؛
- تجهیزات و وسایل مرتبط با جابه‌جایی، نگهداری و تعمیرات کانتینرهای پر و خالی و نیز انتقال میان شیوه‌های مختلف حمل و نقلی؛
- مکان‌های اداری، تجاری، خدماتی و رفاهی؛

(Thomas, 2004).

وانگ و وی روش جدیدی را برای ارزیابی اولویت‌های انتخاب موقعیت بندر خشک معرفی کردند. آنان در مقاله خود عامل‌های اثرگذار بر تسهیلات بندر خشک را به صورت اصولی تحلیل کردند که براساس آن، یک مدل ارزیابی با توجه به بازخورد و ارتباط میان عوامل ساخته شد. آنان با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه و براساس سیستم شاخص، عامل‌های مؤثر در یافتن محل مناسب احداث بندر خشک برای بندر تیانجین چین را تعیین کردند (Wang and Wei, 2008). وانگ شنگ و ال وی نیز به تحلیل انتخاب مکان بندر خشک با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه^۱ پرداختند. آنان با بحث درباره مکان‌یابی بندر خشکی که به بندر تیانجین خدمت‌رسانی می‌کند، روش فرایند تحلیل شبکه برای تعیین اولویت‌های مکان‌یابی بندر خشک را معرفی کرده‌اند (Lv, 2009).

وانگ و وانگ روشی برای بهینه‌سازی موقعیت بندر خشک به دست آوردند. آنها به مکان‌یابی بهینه بندر خشک با استفاده از روش فازی^۲ برای پس‌کرانه قسمت غربی بندر استریت تایوان پرداختند و پس از تحقیق درباره اقتصاد و حمل‌ونقل ناحیه، ابتدا عوامل تأثیرگذار بر بندر خشک را جمع‌آوری کردند و در مرحله دوم با استفاده از روش فازی، مکان‌های کاندید را انتخاب و رتبه‌بندی کردند. در نهایت سه دسته مکان طبقه‌بندی و مشخص شد که هر کدام به راهبرد ساخت متفاوتی نیاز دارند. یافته‌های وانگ برای شتاب بخشیدن به توسعه بندر خشک و بندر ساحلی مفید است (Wang and Wang, 2010). در ایران نیز تنظیمی در سال ۲۰۱۱ به مکان‌یابی پایانه‌های ترکیبی کالاهای کانتینری با استفاده از شبکه عصبی و GIS پرداخت. وی پس از معرفی اجمالی بندر خشک و تشریح وظایف آن، به صورت مفصل بندر خشک را با استفاده از روشی تلفیقی مکان‌یابی کرد (تنظیمی، ۱۳۸۹).

۴- تعیین روش مناسب تصمیم‌گیری

در روش‌های تصمیم‌گیری، هدف، انتخاب یک گزینه برتر است، بنابراین برای حل مسئله باید از مدل‌های چندشاخصه استفاده شود. مدل‌های چندشاخصه انتخاب‌گرند و به منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین چند گزینه موجود به کار می‌روند. برای پردازش اطلاعات یک مدل چندشاخصه، از روش‌های متعددی استفاده می‌شود. یک دسته از این روش‌ها

پایانه‌های ترکیبی پرداخته شده است. در این جزوه، اهداف طراحی، ضوابط مکان‌یابی، شرایط فیزیکی و تجهیزات لازم تشریح شده و شاخص‌های مختلفی به منظور مکان‌یابی و مدلسازی بندر خشک مدنظر قرار گرفته است (UNCTAD, 1991).

یاززمیسکیس و واسیلیوسکاس به کمبود فضای کافی در بندر برای اجرای عملیات بندری بر روی کالا و همچنین به مفهوم پایانه‌های ترکیبی اشاره کرده و اهدافی مانند یکپارچگی و تحکیم جریان کالاهای حمل‌ونقل دریایی در فواصل کوتاه و طولانی و جمع‌آوری و پخش کالای حمل‌ونقل محلی و بین‌المللی برای افزایش کارایی پایانه‌های ترکیبی را بررسی است (Jarzemskis and Vasiliauskas, 2007). اوپسی در سال ۱۳۸۶ در تحقیق خود با ذکر چند مثال به ضرورت احداث پایانه‌های داخلی کالا، تاریخچه آن، توسعه صنعتی بعد از احداث و مشکلات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در زمان احداث اشاره کرده است. در این گزارش به تأثیرات احداث بندر خشک در افزایش یکپارچگی چرخه حمل‌ونقل کالا در ایران، تدوین مقررات و مدل مناسب برای ارائه خدمات مختلف اشاره شده است (اوپسی و درودیان، ۱۳۸۶).

روسو تحقیقات مفصلی در زمینه بندر خشک، عوامل مؤثر بر احداث، مزایا و معایب آن انجام داده است. این محقق در یکی از مقالات خود به مسائل زیست‌محیطی و بندر خشک و تأثیر احداث آن بر شاخص‌های آلاینده به خصوص مقدار تولید گاز دی‌اکسید کربن، همچنین کاهش طول صف و زمان انتظار کامیون‌ها در مبادی ورودی و خروجی اشاره کرده است (Roso, 2007). روسو در گزارشی دیگر به بررسی یک بندر خشک نزدیک با قطارهای زمان‌بندی شده پرداخته است. در این مقاله آمده است که می‌توان با درک مناسب احداث بندر خشک در نزدیکی ساحل، شرایط مناسبی برای کاهش تراکم ترافیک ساحلی به منظور حمل کالا و دسترسی بهتر بندر ساحلی به نواحی داخلی محدوده مطالعاتی فراهم آورد (Roso, 2008). آرنولد و همکاران در مقاله خود، مسئله مکان‌یابی بهینه پایانه‌های ترکیبی ریلی/جاده‌ای را با استفاده از برنامه‌ریزی خطی باینری فرموله و سپس با یک روش ابتکاری حل کردند. در این مقاله پنج سناریوی مختلف برنامه‌ریزی در نظر گرفته شد و نشان داده شد که نحوه تفکیک روش‌های حمل‌ونقل، به هزینه حمل‌ونقل ریلی وابسته است (Arnold, Peeters and

کانادا، تشکیل نسبت سود به هزینه روش دقیقی برای تعیین گزینه برتر نیست. آنها استفاده از تحلیل افزایشی نسبت سود به هزینه، همراه با تعیین نسبت کات‌آف را پیشنهاد کردند. در این روش گزینه‌ها براساس وزن کاهشی در هزینه، مرتب شده و نسبت اختلاف وزن گزینه‌ها در سود به اختلاف وزن گزینه‌ها در هزینه با ضریب نسبت کات‌آف مقایسه می‌شود (Bernhard and Canada, 1990).

۵- فرضیه‌های تحقیق و محدوده مورد مطالعه

محدوده جغرافیایی مطالعات، کشور ایران است. نظر به اهمیت بنادر خشک در توزیع کالا به مراکز عمده تولید و مصرف داخلی و خارجی، در این تحقیق برای محدود کردن دامنه مطالعات، مکان‌یابی بنادر خشک با در نظر گرفتن خدمت‌رسانی آنها تنها به مراکز داخلی کشور انجام می‌پذیرد. دیگر فرضیات تحقیق به شرح زیرند:

۱. از آنجا که سیستم ریلی و جاده‌ای در طرح‌های توسعه کشور در حال گسترش است، مطالعات براساس وضعیت موجود سیستم جاده‌ای و ریلی است و طرح‌های آتی سیستم جاده‌ای و ریلی در نظر گرفته نمی‌شود. آمار استفاده‌شده مربوط به سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ است؛
۲. از تعیین تقاضایی که بعد از ساخت بندر خشک به وجود می‌آید، چشم‌پوشی می‌شود؛
۳. با توجه به اینکه بنادر خشک بر مبنای حمل‌ونقل ترکیبی شکل می‌گیرند، در این تحقیق تنها به بارهای کانتینری پرداخته می‌شود؛
۴. از آنجا که بندر شهید رجایی تنها بندر ساحلی ایران است که ۹۸ درصد کالاهایش به صورت کانتینری بارگیری و تخلیه می‌شود، در این تحقیق تنها بندر ساحلی شناخته‌شده و تقاضای به/از بندر شهید رجایی از/به مراکز عمده تولید و مصرف کشور بررسی می‌شود.

۶- روند تحقیق

۶-۱- تعیین سناریوها برای ایجاد بنادر خشک در

کشور (مکان‌های پیشنهادی)

شکل‌گیری انواع بنادر خشک در کشور می‌تواند برای بهبود وضعیت جریان اصلی حمل‌ونقل کشور به‌طور مؤثری چاره‌ساز

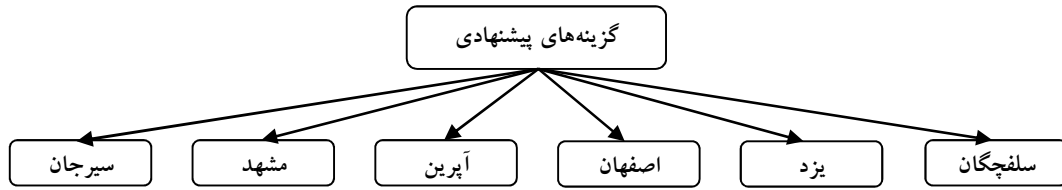
منشعب از مدلی مشهور به مدل غیرجبرانی، و دسته دیگر منشعب از مدل دیگری معروف به مدل جبرانی است (Saaty, 1980).

برای یافتن روش مناسب تصمیم‌گیری، هوانگ در کتاب تصمیم‌گیری چندشاخصه الگوریتمی را ارائه کرده است که با طرح هفت پرسش درباره معیارها و گزینه‌های مسئله، بهترین روش تصمیم‌گیری را با توجه به ماهیت تحقیق پیشنهاد می‌کند. در این تحقیق، با توجه به جبرانی بودن معیارهای مدنظر، یافتن گزینه برتر و حذف گزینه‌هایی که از همه لحاظ در مقایسه با گزینه‌های دیگر ضعیف‌اند، الگوریتم هوانگ روش تحلیل سلسله‌مراتبی را پیشنهاد می‌کند که در بخش زیر به توضیح جامع آن پرداخته می‌شود.

۴-۱- روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی^۳ بر مبنای سه اصل تجزیه، مقایسه دودویی یا جفتی، جمع‌بندی و اولویت‌بندی گزینه‌ها استوار است. این روش براساس نحوه تحلیل انسان از مسائل فازی توسط محقق به نام ساعتی^۴ در سال ۱۹۷۷ پیشنهاد شد. فرایند سلسله‌مراتبی، از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله‌مراتبی ممکن می‌کند و امکان در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. همچنین بر مبنای مقایسه زوجی بنا شده است و در نتیجه قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای آن در تصمیم‌گیری چندمعیاره است (Macharis and Verbeke, 1999).

در این روش به منظور محاسبه وزن نسبی دو معیار نسبت به همدیگر، اهمیت نسبی دو معیار به صورت عباراتی نظیر کاملاً مهم‌تر، اهمیت خیلی قوی و ... بیان می‌شود. هر یک از این عبارات به امتیازی بین ۱ تا ۹ تبدیل می‌شود که به آنها وزن نسبی گفته می‌شود. گاهی ساختن دو سلسله‌مراتب، یکی برای سود و دیگری برای هزینه مفید به نظر می‌آید، تا بتوان درباره بهترین گزینه تصمیم‌گیری کرد. در این حالت نسبت سود به هزینه برای هر گزینه تشکیل داده شده و گزینه‌ای که بیشترین نسبت را دارد، گزینه برتر انتخاب می‌شود. به نظر برنهارد و



شکل ۲. گزینه‌های پیشنهادی تصمیم‌گیری

ریلی متعدد و سرویس بی‌وقفه ریلی برای حمل‌ونقل کانتینرهای پر و خالی در آن، موقعیت مناسبی را برای ایجاد انبارهای لجستیکی متصل به ریل ایجاد می‌کند و با استفاده از آنها می‌توان در ابتدا به تخلیه سریع محموله‌ها از کانتینرها و انبار کردن آنها و سپس توزیع محموله‌ها و بازگرداندن کانتینرهای خالی پرداخت.

■ ایجاد بندر خشک و پایانه لجستیکی در گمرکات سهلان، سرخس و مشهد

جایگاه گمرکات سهلان، سرخس و مشهد از آن نظر حائز اهمیت است که کشورهای حوزه غرب و شرق دریای خزر در پس‌کرانه جغرافیایی آنها قرار دارند و این سه پایانه و بندر خشک می‌توانند از نظر ریلی - جاده‌ای برای عبور محموله‌های ترانزیت خارجی عامل مؤثری باشند. همچنین می‌توان با ایجاد بندر خشک و پایانه‌های لجستیکی یادشده زمینه حفظ کریدور ترانزیتی جمهوری اسلامی ایران به کشورهای یادشده را فراهم آورد.

■ ایجاد بندر خشک و پایانه لجستیکی در گمرک (منطقه اصفهان) سلفچگان

منطقه ویژه اقتصادی سلفچگان قم، در ۱۸۵ کیلومتری تهران و در چهارراه جاده‌های ترانزیت، در مرکز ایران واقع شده است. این منطقه، مهم‌ترین و نزدیک‌ترین منطقه ویژه اقتصادی به مرکز سیاسی-اقتصادی کشور، راه‌آهن سراسری و بزرگراه‌های اصلی شمال - جنوب و شرق - غرب ایران است و برای برقراری ارتباط با اروپا، کشورهای آسیای میانه و خلیج فارس به منظور تولید، صادرات و ترانزیت کالا، موقعیتی ممتاز و منحصر به فرد دارد و می‌تواند تأثیر بسیار زیادی در اقتصاد کلان کشور داشته باشد.

از بین گزینه‌های بالا که با بررسی توانمندی‌ها و موقعیت مکان‌های یادشده توسط چند کارشناس پیشنهاد شده است،

باشد. گزینه‌های پیشنهادی کارشناسان خبره با توجه به معیارهای اشاره‌شده و نقشه خطوط ریلی کشور، حجم جریان کالا، موقعیت فرودگاه‌ها و ایستگاه‌های اصلی قطار، تعیین و به‌دقت تعریف می‌شوند که به‌صورت شکل ۲ گزینه‌های پیشنهادی برای ایجاد بندر خشک در کشور ارائه می‌شود:

■ ایجاد بندر خشک و پایانه لجستیکی در گمرک (منطقه ویژه اقتصادی) سیرجان

سیرجان به دلیل نزدیکی به بندر شهید رجایی (به‌عنوان مهم‌ترین و فعال‌ترین بندر کانتینری کشور) و ارتباط ریلی مناسب با آن، می‌تواند تأثیر زیادی به‌عنوان یک بندر خشک پشتیبان بندر شهید رجایی داشته باشد. سیرجان دارای استعداد بالقوه برای تبدیل شدن به هاب توزیع کانتینرهای ترانزیتی است. وجود این پایانه لجستیکی و الزام عودت کانتینرهای خالی به این پایانه، زمینه حمایت مؤثر از صادرات محصولات منطقه از طریق ایجاد دپوی کانتینر خالی و مزایای کاهش قیمت تمام‌شده حمل‌ونقل ناشی از آن را هم در پی خواهد داشت.

■ ایجاد بندر خشک و پایانه لجستیکی در گمرکات یزد و اصفهان

یزد و اصفهان از جمله مراکز جمعیتی و تولیدی کشورند که در آنها تقاضای زیادی برای مبادله و توزیع کالاهای مصرفی و صنعتی وجود دارد. وجود چنین پتانسیلی، ایجاد بندر خشک در گمرکات مذکور را با توجه به وجود اتصال مناسب به شبکه ریلی توجیه‌پذیر می‌سازد.

■ ایجاد بندر خشک و پایانه لجستیکی در منطقه آپرین

آپرین که با مساحتی بالغ بر هفتصد هکتار در جنوب تهران و در محل اصلی‌ترین تقاطع شبکه ریلی کشور واقع شده از امتیاز ارتباط ریلی سریع با بندرعباس و بندر امام خمینی برخوردار است. وسعت محدوده آپرین و امکان ایجاد انشعابات

۶-۳- تعیین روش رتبه‌بندی آلترناتیوها

یک روش برای رتبه‌بندی آلترناتیوها، مرتب کردن گزینه‌ها با توجه به وزن کاهشی آنهاست. ساعتی برای دقیق‌تر کردن جواب مسائلی که شامل معیارهای سود و هزینه‌اند، پیشنهاد تهیه دو درخت تصمیم‌گیری سود و هزینه را می‌دهد. وزن هر آلترناتیو به صورت جداگانه در درخت سود و هزینه محاسبه شده و گزینه‌ها براساس ترتیب کاهشی نسبت وزنشان در درخت منافع به وزنشان در درخت هزینه رتبه‌بندی خواهند شد. برنهارد و کانادا در مقاله خود به نقص روش ساعتی در پروژه‌های ملی اشاره کرده و روش رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس تحلیل افزایشی نسبت سود به هزینه را پیشنهاد کرده‌اند (Bernhard and Canada, 1990). با توجه به نوع مسئله مکان‌یابی در این تحقیق و ابعاد گسترده آن، از روش برنهارد و کانادا برای رتبه‌بندی نهایی آلترناتیوها استفاده خواهد شد.

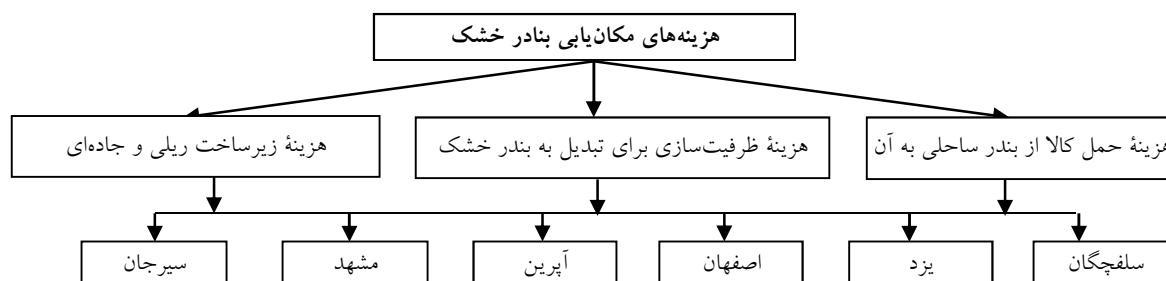
نکته دیگر معیار حجم جریان کالا به از بندر ساحلی به مکان‌های پیشنهادی است که تأثیر زیادی هم در معیارهای هزینه و هم در معیارهای منفعت دارد. در نهایت درخت تصمیم مزایا و هزینه‌های ایجاد بندر خشک به صورت شکل‌های ۳ و ۴ معین شد. البته در مورد درخت مزایا شایان ذکر است که با توجه به تعداد زیاد زیرمعیارها، ماتریس مقایسه زوجی بزرگی ایجاد شده که سبب می‌شد به علت افزایش تعداد سؤال‌ها، نتایج تحلیل دچار خطا شود؛ بنابراین زیرمعیارها به صورت مصادیق و تعاریف معیار اصلی درآمده‌اند که با توجه به وابستگی زیرمعیارها، این کار صدمه‌ای به ساختار درخت تصمیم نخواهد زد.

گزینه سهلان و سرخس به علت دور بودن از مناطق مرکزی کشور از بین گزینه‌ها حذف شد.

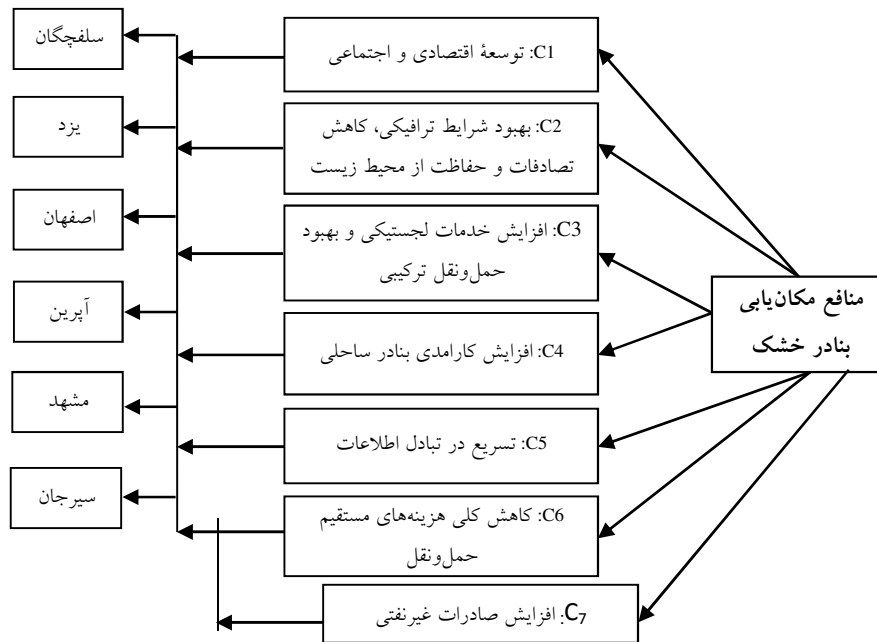
۶-۲- معیارهای مؤثر در انتخاب سناریوها

قبل از تصمیم‌گیری، سناریوها باید به طور کامل مشخص شوند؛ چراکه تصمیم‌گیری براساس تحلیل سناریوها انجام می‌گیرد. بنابراین ابتدا پیش‌نیازهای یک مکان به عنوان یک بندر خشک کارآمد باید تعریف شود. با توجه به مفاهیم اولیه بندر خشک و کارکرد آن، برای انتخاب گزینه‌های پیشنهادی موارد زیر در نظر گرفته شد (UNCTAD, 1991):

- موقعیت مناسب مکان پیشنهادی نسبت به مراکز عمده تولید و مصرف کالا: با توجه به اینکه یکی از هزینه‌هایی که تأثیر زیادی بر قیمت تمام‌شده کالا می‌گذارد، هزینه حمل‌ونقل است، نزدیکی نسبی مکان به مراکز صنعتی، کارخانه‌های تولیدی و شهرهای بزرگ، در انتخاب مکان‌های پیشنهادی جزء معیارهای مهم است؛
- حجم ترافیک کالا بین بندر ساحلی و مکان پیشنهادی: با توجه به اینکه اساس بندر خشک، ارتباط مستقیم ریلی با بندر ساحلی است، بیشتر بودن جریان و استفاده از راه‌آهن می‌تواند مزیت‌های اقتصاد ناشی از مقیاس را تبیین کند؛
- وجود زیرساخت‌های حمل‌ونقلی در مجاورت مکان پیشنهادی: هر چه دسترسی‌ها به مکان پیشنهادی بیشتر و با کیفیت‌تری باشد، گزینه مناسب‌تری برای ایجاد بندر خشک است. وجود فرودگاه، بزرگراه‌ها و آزادراه‌های سراسری که نقاط مختلف کشور را به هم متصل می‌کنند و خط‌های ریلی در مجاورت مکان پیشنهادی از قوت‌ها و ضروریات احداث بندر خشک است.



شکل ۳. درخت نهایی هزینه‌های تصمیم



شکل ۴. درخت نهایی مزایای تصمیم

۶-۴- تهیه و توزیع پرسشنامه

پس از نهایی شدن معیارهای منفعت و هزینه، با توجه به انتخاب روش تحلیل سلسله‌مراتبی به‌عنوان روش تحقیق، از پرسشنامه برای به‌دست آوردن وزن گزینه‌ها و معیارها نسبت به یکدیگر و مقایسه زوجی معیارها استفاده شد. در این تحقیق، با استفاده از روش مقیاس پنج‌درجه‌ای، وزن گزینه‌ها تعیین می‌شود. در این روش وزن‌دهی، مقیاس شدت‌های به‌صورت خیلی زیاد (۷)، زیاد (۴)، متوسط (۲/۳)، کم (۱/۳) و خیلی کم (۱) تعیین شد (Saaty and Cho, 2001). مراحل بعدی روند تحقیق به‌صورت زیر بیان می‌شود:

گام ۱- ساخت ماتریس تصمیم‌گیری: در این گام داده‌های تمامی پرسشنامه‌ها به‌صورت ماتریسی، وارد نرم‌افزار اکسل می‌شوند. در این بخش دو ماتریس شکل خواهد گرفت: مقدار معادل عددی شدت هر کدام از معیارهای سود در هر گزینه و مقدار معادل نسبت معیارهای سود به یکدیگر.

گام ۲- محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس: برای بررسی قابل قبول بودن سطح سازگاری ماتریس‌ها، باید نرخ ناسازگاری آنها محاسبه شود. هر چه این عدد به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان دهنده سطح بالاتری از سازگاری در ماتریس مقایسه است. چنانچه این عدد کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری سیستم قابل قبول است و در غیر این صورت باید در

قضاوت‌ها تجدید نظر کرد.

$$I.I.R. = \frac{I.I.}{I.I.R.} = \frac{(\mu_{max} - n)/(n-1)}{I.I.R.} \quad (1)$$

اگر $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ مقادیر ویژه ماتریس مقایسه زوجی باشد، n (تعداد معیارها) مجموع مقادیر آنها خواهد بود و $\max \mu$ بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس است. $I.I.R.$ در این رابطه شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی است.

گام ۳- محاسبه وزن معیارهای سود: بعد از آماده شدن ماتریس مقایسه و قابل قبول بودن سطح سازگاری، می‌توان وزن پارامترها را محاسبه کرد. برای محاسبه وزن پارامترها از روش بردار ویژه استفاده شد. در این رابطه I ماتریس همانی؛ W بردار وزن معیارها؛ و A ماتریس مقایسه است.

$$\{(A - \mu_{max} \times I) \times W = 0\} \quad (2)$$

گام ۵- محاسبه وزن گروهی معیارهای سود: بهترین روش برای تلفیق قضاوت‌ها در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی، استفاده از میانگین هندسی است. بنابراین وزن گروهی معیارهای درخت منافع تصمیم توسط رابطه ۳ محاسبه می‌شوند (Aczel, Saaty and, 1983).

$$C_i = (C_1 \times C_2 \times C_3 \times \dots \times C_n)^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

C_i : وزن معیار i ام n : تعداد تصمیم‌گیرندگان

گام ۹- محاسبه وزن گزینه‌ها در درخت هزینه: با توجه به کمی بودن معیارهای هزینه، وزن گزینه‌ها به‌طور مستقیم از آمارهای جدول‌های ۲ و ۳ به‌دست می‌آید. با توجه به اینکه از بندر شهید رجایی، کالاها اغلب توسط دو شیوه ریلی و جاده‌ای به گزینه‌های پیشنهادی منتقل می‌شوند، در این تحقیق از آمارهای موجود این دو شیوه استفاده شده است. شایان ذکر است که منظور از حمل دوطرفه، رفت و برگشت یک دستگاه کامیون برای ارسال کانتینر پر به مقصد و برگرداندن کانتینر خالی به مبدأ است. در این پژوهش فرض شده است که حجم تقاضا برای حمل دوطرفه ۸۰ درصد کل تقاضای حمل به هر گزینه است.

هزینه کل حمل جاده‌ای از بندر ساحلی به هر گزینه از ضرب حجم تقاضای حمل از بندر شهید رجایی به هر گزینه در هزینه واحد حمل، که در جدول ۳ ذکر شد، به‌دست آمده است. هزینه حمل ریلی توسط ضرب هزینه کرایه یک واگن در حجم تقاضای حمل از بندر به هر گزینه تقسیم بر ۳ به‌دست آمده است (هر واگن ۳ واحد کانتینر ۲۰ فوتی را در خود جای می‌دهد). هزینه حمل از هر گزینه به مقاصد نهایی کالا از مجموع هزینه‌های به‌دست‌آمده از ضرب حجم تقاضای حمل به هر شهر در هزینه حمل آن محاسبه شده است. منظور از هزینه زیرساخت نیز هزینه ساخت خطوط ریلی به سایت‌های پیشنهادی است.

گام ۶- تلفیق ماتریس‌های قضاوت خبرگان درباره گزینه‌ها: همان‌طور که در گام پنجم بیان شد، میانگین هندسی بهترین روش تلفیق قضاوت‌ها است؛ بنابراین برای به‌دست آوردن وزن هر معیار در هر گزینه‌ها نیز از روش میانگین هندسی استفاده می‌شود.

گام ۷- نرمالیزه کردن وزن گروهی معیارهای منفعت و ماتریس تلفیق‌شده وزن گزینه‌ها: برای نرمالیزه کردن اعداد به‌دست‌آمده می‌توان هر عدد را بر مجموع ستونی که در آن قرار گرفته، تقسیم کرد.

W_{Bi} : وزن گروهی معیار منفعت‌آم در درخت منافع تصمیم

$$\sum_{i=1}^6 W_{Bi} = 1$$

$$\sum_{i=1}^6 W_{rij} = 1, j = 1, 2, \dots, 6$$

W_{rij} : وزن گروهی معیار منفعت [ژدر گزینه‌ام‌ام

گام ۸- محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها در درخت منافع تصمیم: وزن نهایی هر گزینه در یک فرایند سلسله‌مراتبی از مجموع حاصل ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها، به‌دست می‌آید.

جدول ۱. وزن نهایی گزینه‌ها در درخت منافع تصمیم

وزن نهایی	سلفچگان	یزد	اصفهان	تهران	مشهد	سیرجان
وزن نهایی	۰/۱۸۲	۰/۰۹۴	۰/۰۸۳	۰/۳۲۱	۰/۱۴۹	۰/۱۷۱

جدول ۲. اطلاعات حجم تقاضا و هزینه از بندر ساحلی به نقاط پیشنهادی در دو شیوه ریلی و جاده‌ای و امکانات برای تبدیل شدن به بندر

خشک^۷

تعداد تجهیزات مورد نیاز هر گزینه	طول خط ریل مورد نیاز تا منطقه (km)				هزینه حمل کالا از بندر شهید رجایی به هر گزینه (۱۰۸۶) ریال					حجم تقاضای حمل کالا از بندر شهید رجایی به هر گزینه (TEU)			سلفچگان
	Terminal Tractor	Empty Stackers	Reach Stackers	RMG	هزینه حمل دوطرفه ریلی	هزینه حمل یکطرفه			هزینه حمل دوطرفه جاده‌ای	کل حجم تقاضا	حجم تقاضای ریلی	حجم تقاضای جاده‌ای	
						هزینه کل حمل یکطرفه کالا	هزینه برگشت	هزینه رفت					
۵-۳	۱	۰	۰	۸	۰/۰۰	۱۵/۳۵	۵/۰۰	۱۰/۳۵	۱۳/۷۰	۶۰۵۸	۰	۶۰۵۸	سلفچگان
۵-۳	۱	۱	۰	۵	۸/۰۰	۱۰/۸۰	۳/۸۰	۷/۰۰	۱۰/۳۰	۶۰۰۵	۳۷۹	۵۶۲۶	یزد
۵-۳	۱	۰	۰	۰	۱۱/۰۰	۱۲/۵۰	۴/۵۰	۸/۰۰	۱۲/۰۰	۵۸۸۰	۱۱۰۱	۴۷۷۹	اصفهان
۱۰	۲	۱	۱	۰	۱۴/۰۰	۱۷/۲۰	۶/۵۰	۱۰/۷۰	۱۴/۲۰	۵۱۸۹۸۴	۲۱۲۲	۵۱۶۸۶۲	تهران
۵-۳	۱	۱	۰	۰	۱۸/۰۰	۱۸/۱۵	۶/۰۰	۱۲/۱۵	۱۷/۳۰	۲۲۲۴	۴	۲۲۲۰	مشهد
۵-۳	۱	۱	۰	۰	۴/۵۰	۸/۳۰	۲/۵۰	۵/۸۰	۸/۰۰	۵۱۲۴	۵۰۷	۴۶۱۷	سیرجان
				۱۳	۵۶	۸۲.۳۰	۲۸	۵۴	۷۶	۵۴۴۲۷۵	۴۱۱۳	۵۴۰۱۶۲	جمع

جدول ۳. هزینه نهایی حمل از طریق بندر خشک و هزینه زیرساخت و تجهیزات مورد نیاز^{vi}

جمع	هزینه تجهیزات مورد نیاز	هزینه زیرساخت	هزینه حمل کالا					هزینه تقاضا ریال (*۱۰۸۶)
			کل هزینه حمل از بندر ساحلی تا مقاصد نهایی کالا	هزینه حمل کالا از هر گزینه به مقاصد نهایی کالا	هزینه کل حمل از بندر ساحلی به هر گزینه			
					ریل (۳تی.ای.یو. در هر واگن)	جاده		
						تقاضای یکطرفه (۸۰٪ کل تقاضا)	تقاضای دوطرفه (۲۰٪ کل تقاضا)	
۵۸۱۹۲۷	۸۲۵۰	۸۰۰۰۰	۴۹۳۶۷۷	۴۰۸۶۸۳	۰	۱۸۵۹۸	۶۶۳۹۶	سلفچگان
۳۳۴۰۸۱۹	۱۴۲۰۰	۵۰۰۰۰	۳۲۷۶۶۱۹	۳۲۱۷۰۹۸	۱۰۱۱	۱۲۱۵۲	۴۶۳۵۸	یزد
۷۷۷۲۷۸	۸۲۵۰	۰	۷۷۶۹۰۲۸	۷۷۰۷۱۶۵	۴۰۳۷	۱۱۹۴۸	۴۵۸۷۸	اصفهان
۱۳۳۵۸۴۲۳	۴۹۹۵۰	۰	۱۳۳۰۸۴۷۳	۵۶۴۹۰۱۳	۹۹۰۳	۱۷۷۸۰۰۵	۵۷۸۱۵۵۲	تهران
۳۶۸۸۱۵۳	۱۴۲۰۰	۰	۳۶۷۶۶۵۳	۳۶۳۵۸۴۵	۲۴	۸۰۵۹	۳۰۷۲۵	مشهد
۳۳۸۳۹۷۰	۱۴۲۰۰	۰	۳۳۶۹۷۷۰	۳۳۳۱۷۹۶	۷۶۱	۷۶۶۴	۲۹۵۴۹	سیرجان
۳۲۱۳۱۲۷۰	۱۰۹۰۵۰	۱۳۰۰۰۰	۳۱۸۹۲۲۲۰	۲۳۹۹۶۰۱	۱۵۷۳۵	۱۸۳۶۴۲۶	۶۰۹۰۴۵۸	جمع

جدول ۴. وزن‌های نهایی گزینه‌ها از درخت تصمیم هزینه

گزینه‌ها	سلفچگان	یزد	اصفهان	تهران	مشهد	سیرجان	مجموع
وزن نهایی	۰/۰۱۸	۰/۱۰۴	۰/۲۴۲	۰/۴۱۶	۰/۱۱۵	۰/۱۰۵	۱/۰۰

$$(Cut\ off\ ratio)j = \frac{\sum_{i=1}^k B_i}{\sum_{i=1}^k C_i} \quad (4)$$

$$Cut\ off\ ratio = \frac{\sum_{i=1}^k Cutoff\ ratio}{k} \quad (5)$$

k تعداد افرادی است که پرسشنامه را پر کرده‌اند و به سؤال نسبت اهمیت منافع به هزینه‌های هر گزینه برای مکان‌یابی بندر خشک جواب داده‌اند. در این تحقیق مقدار نسبت کات‌آف عدد ۰/۳۸ به‌دست آمده است.

گام ۱۱- رتبه‌بندی گزینه‌ها: بعد از به‌دست آمدن بهترین گزینه، گام ۱۰ با حذف بهترین گزینه تکرار می‌شود. در این تکرار، گزینه به‌دست‌آمده در رتبه دوم قرار می‌گیرد. این روند ادامه می‌یابد تا تمام گزینه‌های رتبه‌بندی انتخاب شود.

گام ۱۰- تحلیل افزایشی برای گزینه‌ها: تمام گزینه‌ها براساس روند کاهشی وزن به‌دست‌آمده در هزینه، مرتب و رتبه‌بندی می‌شود. شایان ذکر است که پارامتر B_i نماینده وزن گزینه با رتبه i در درخت منافع و پارامتر C_i نماینده وزن گزینه با رتبه i در درخت هزینه است. در صورت برقراری رابطه ۲ گزینه i ، و در صورت برقراری رابطه ۳ گزینه $(i-1)$ انتخاب می‌شود و در مرحله بعد، گزینه انتخابی با گزینه $(i+1)$ در روابط ۲ و ۳ مقایسه می‌شود تا در نهایت گزینه نهایی مشخص شود.

$$\frac{B_i - B_{(i-1)}}{C_i - C_{(i-1)}} > Cut\ off\ ratio \quad (2)$$

$$\frac{B_i - B_{(i-1)}}{C_i - C_{(i-1)}} < Cut\ off\ ratio \quad (3)$$

نسبت کات آف ضریبی است که از میانگین نظر پرسش‌شوندگان درباره نسبت هزینه و سود در گزینه‌های پیشنهادی به‌دست می‌آید.

جدول ۵. ترتیب کاهشی وزن گزینه‌ها از درخت هزینه

گزینه	B: وزن گزینه از درخت منافع	C: وزن گزینه از درخت هزینه	ترتیب کاهشی با هزینه	تحلیل افزایشی دو به دو گزینه‌ها $\frac{B_i - B_{(i-1)}}{C_i - C_{(i-1)}}; cutoffratio = 0.38$
آپرین	۰/۳۲۱	۰/۴۱۶	۶	آپرین- سلفچگان: $0.402 < 0.38 < \dots$ آپرین
اصفهان	۰/۰۸۳	۰/۲۴۲	۵	اصفهان- سلفچگان: $0.41 > 0.38$
مشهد	۰/۱۴۹	۰/۱۱۵	۴	مشهد- سلفچگان: $0.35 > 0.38$
سیرجان	۰/۱۷۱	۰/۱۰۵	۳	سیرجان- سلفچگان: $0.47 > 0.38$
یزد	۰/۰۹۴	۰/۱۰۴	۲	یزد- سلفچگان: $0.33 > 0.38$
سلفچگان	۰/۱۸۲	۰/۰۱۸	۱	

پس از نهایی شدن معیارهای منفعت و هزینه، با توجه به انتخاب روش تحلیل سلسله‌مراتبی، برای به‌دست آوردن وزن گزینه‌ها و وزن معیارها نسبت به یکدیگر، پرسشنامه برای مقایسه زوجی معیارها تهیه شد. براساس تحلیل و تجزیه اطلاعات به‌دست‌آمده از پرسشنامه مشخص شد در معیارهای منفعت، کاهش کلی هزینه‌های مستقیم حمل‌ونقل مهم‌ترین معیار است و در معیارهای هزینه‌ای نیز هزینه حمل کالا بیشترین تأثیر را به خود اختصاص می‌دهد. با توجه به اینکه تعیین مکان بهینه برای بندر خشک براساس معیارهای گوناگون انجام می‌پذیرد و در حقیقت این مسئله تصمیم‌گیری‌ای چندمعیاره است، در این تحقیق با استفاده از این روش‌ها و اطلاعات به‌دست‌آمده از پرسشنامه به یافتن مکان بهینه بندر خشک در ایران پرداخته شد که خروجی‌های به‌دست‌آمده تعیین کرد گزینه آپرین مکان برتر برای احداث بندر خشک است.

پی‌نوشت‌ها

۱. نویسنده مسئول

2. ANP
3. Fuzzy Clustering
4. AHP
5. Saaty

۶. آمار حجم تقاضا و هزینه حمل کالا از بندر شهید رجایی به گزینه‌های پیشنهادی در دو شیوه ریلی و جاده‌ای و تعداد تجهیزات موجود و مورد نیاز برای رسیدگی به امور کانتینر در هر کدام از آنها و هزینه خرید یکایک تجهیزات، از شرکت تایداوتر خاورمیانه که بزرگ‌ترین اپراتور امور بندری شهید رجایی است، اخذ شده است.

۷. آمار حجم تقاضای حمل از گزینه‌های پیشنهادی به مقاصد و هزینه حمل آنها از سالنامه آماری سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای در سال ۱۳۸۸ به‌دست آمده است.

۸- منابع

- اوپسی، ع. درودیان، خ. (۱۳۸۶)، "بندر خشک (Dry Port)", مرکز تحقیقات راه‌آهن، مقاله آموزشی، آذر.
- تنظیمی، م. (۱۳۸۹)، "مکان‌یابی پایانه‌های ترکیبی کالاهای کانتینری با استفاده از شبکه عصبی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده عمران.

جدول ۶. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها براساس روش تحلیل سلسله

مراتبی و تحلیل افزایشی

رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
گزینه	آپرین	سلفچگان	مشهد	سیرجان	یزد	اصفهان

با توجه به نتایج این تحقیق که مکان‌یابی بنادر خشک را به‌صورت علمی بررسی کرده است، لزوم توجه به پایانه آپرین برای فعال شدن آن به‌عنوان بندر خشک پیش از پیش آشکار می‌شود. پایانه آپرین در ۲۱ کیلومتری جنوب غرب تهران، بزرگ‌ترین پایانه ترکیبی است که مطالعات فاز صفر آن به‌عنوان لزوم احداث بندر خشک در سال ۱۳۵۴ انجام گرفت، ولی در مورد مکان‌یابی آن، مطالعه علمی با توجه به پارامترهای تأثیرگذار بر تعیین مکان بهینه این پایانه انجام نگرفته است. از این رو این پایانه نیز به دلیل عدم همکاری و هماهنگی سازمان‌های ذی‌ربط به یک دپوی کانتینر خالی تقلیل درجه داده است. البته با توجه به سیاست‌ها و ملاحظات کلی کشور مبنی بر تمرکززدایی، گزینه دوم که سلفچگان است، با توجه به وزن بیشتر سود به هزینه، مناسب‌ترین گزینه برای احداث بندر خشک است.

۷- نتیجه‌گیری

بنادر خشک پیرو نیاز توسعه بازار خدمات و لجستیک کانتینری، در مراکز داخلی کشورها و نزدیک به بازارهای تولید و مصرف ایجاد شده است و کارکردها و وظایف اصلی آنها را می‌توان در چهار محور خلاصه کرد: انتقال کانتینر بین مدهای مختلف حمل‌ونقل به‌عنوان یک پایانه کانتینری چندوجهی؛ انجام دادن سایر عملیات متعارف در پایانه‌های کانتینری بندری؛ انجام دادن خدمات گمرکی و ارایه خدمات لجستیکی.

اهمیت بندر خشک برای توسعه حمل‌ونقل کانتینری به‌حدی است که می‌توان ادعا کرد بدون آن، کشور قادر به برخورداری کامل از مزیت‌های کانتینری شدن با وجود پرداخت هزینه آن نخواهد بود. در این تحقیق با توجه به اهمیت بنادر خشک در کشور و نیاز ترازیت کالا از کشور با بررسی‌های همه‌جانبه و دریافت نظر خبرگان به موضوع مکان‌یابی بندر خشک پرداخته شد. در این زمینه با مرور منابع کتابخانه‌ای و جلسات کارشناسی با دست‌اندرکاران این حوزه، معیارهای کمی و کیفی مؤثر در بندر خشک مشخص شد.

- Macharis, C. and Verbeke, A. (1999), "The optimal location of intermodal terminals", NECTAR Conference, Delft, October.
- Roso, V. (2007), "Emergence and significance of dry ports", World Review of Intermodal Transportation Research, Vol.2, No.4, pp. 296-310.
- Roso, V. (2007), "Evaluation of the dry port concept from an environmental perspective: A note", Transportation Research Part D, Vol.12, No.7, pp. 523-527.
- Roso, V., Woxenius, J., Lumsden, K. (2008), "The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland", Journal of Transport Geography, Vol. 17, No.5, pp. 338-345.
- Roso, V. (2008), "Factors influencing implementation of a dry port", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 38, No.10, pp. 782-798.
- Saaty, T.L. (1980), The analytical hierarchy process, McGraw Hill.
- Saaty, T.L. and Cho, Y. (2001), "The decision by the U.S. Congress on China's Trade Satues: A Multicriteria Analysis ", Social-Economic Planning Sciences, Vol. 35, No. 4, pp. 243-252.
- United Nations Conference on Trade and Development. (1991), "Handbook on the management and operation of dry ports, UNCTAD", Geneva.
- Wang, C.h. , Wei, J.y. (2008), "Research on the Dry Port Location of Tianjin Port Based on Analytic Network Process", IEEE, International Seminar on Business and Information Management, pp. 75-78.
- Wang, Y. Wang, J. (2009), "The Application of AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation for Appraising the Dry Port's Development Potential Level", IEEE, National Development and Reform Commission.
- Wang, Y. and Wang, J. (2010), "The Optimal Location of Dry Port: A Case Study of the Hinterland of Western Side of the Taiwan Straits Port Group", IEEE, National Development and Reform Commission, pp. 1864-1868.
- شرکت تایدواتر خاورمیانه، (۱۳۸۷)، "خلاصه طرح پیشنهادی احداث اولین و بزرگترین ICD کشور در ایستگاه ریلی آپرین"، مشاور: مؤسسه پژوهش‌های بندری و دریایی ره‌آب.
- عربشاهی، ن. دادور، س.ا. تنظیمی، م. (۱۳۸۹)، "نقش بنادر خشک در توسعه لجستیک ایران"، بندر و دریا، سال ۲۶، شماره ۱۷۶.
- نوازش، نوید. (۱۳۸۸)، " بندر خشک"، مجله علمی-فنی-مهندسی ره‌شهر، شماره ۱۱۲، پاییز.
- Aczel, J. and Saaty, T.L. (1983), "Procedure for synthesizing Ratio judgements", Journal of mathematical psychology, No. 27, pp. 93-102.
- Arnold, P. and Peeters, D. Thomas, I. (2004), "Modeling a rail/road intermodal transportation system", Transportation Research, Part E, pp. 255-270.
- Bernhard, R.H. and Canada, J.R. (1990), "Some problems in using benefit/cost ratios with the analytic hierarchy process", The Engineering Economist, Vol. 36, No. 1, pp. 56-65.
- FDT. (2007), "Feasibility study on the network operation of hinterland hubs (dry port concept) to improve and modernize ports' connections to the hinterland and improve networking", final version.
- Frost, James D. (2009), "The Close Dry Port Concept and the Canadian Context", CPCS.
- Iannone F., Thore , E. Forte, (2007), "inland container logistics and interports. Goals and features of an ongoing applied research", Italian Society of Transport Economists, 9th Scientific Meeting, Naples, Oct. 3-5.
- Jarzemskis, A. and Vasiliauskas, A. (2007), "Research on dry port concept as intermodal node", Transportation Research, Vol.12, No.3, pp. 207-213.
- Lv, R.s. and Li, C. (2009), "Analysis on Location Selection of Dry Ports Based on ANP", IEEE, pp. 638-641.