مدل مکان‌یابی پارک‌های لجستیکی جهت ارایه خدمات به ترانزیت بار در منطقه اکو

محمود صفارزاده؛ استاد گروه مهندسی عمران- راه و ترابری؛ دانشگاه تربیت مدرس
یاشار زینالی‌فرید؛ کارشناس ارشد راه و ترابری؛ دانشگاه تربیت مدرس
مهدی شریف یزدی؛ دانشجوی دکترای مهندسی صنایع؛ دانشگاه صنعتی شریف
Email: saffar_m@modares.ac.ir

چکیده

ترانزیت در منطقه اکو[1]، به‌دلیل عدم دسترسی به آب‌های آزاد، نقش حیاتی برای توسعه اقتصادی کشورهای آسیای میانه ایفا می‌کند. لازمه بهبود ترانزیت نیز، وجود زیربناها و ارایه خدمات مناسب در طول مسیر ترانزیت می‌باشد. زیربناهای ضعیف و خدمات نامناسب، باعث استفاده از مسیرهای جایگزین می‌شود. توسعه پارک‌های لجستیکی، نقش مؤثری را در ارایه خدمات مناسب به کالاهای ترانزیتی ایفا می‌نماید. در این تحقیق، با بررسی تقاضا و عرضه موجود در منطقه اکو، مناطق قطب‌های ترانزیتی به عنوان مکان مناسب جهت احداث پارک‌های لجستیکی انتخاب شده است. در ادامه مدلی به‌صورت مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح صفر و یک برای مکان‌یابی بهینه قطب‌های ترانزیتی ارایه گردیده است. حل مدل به روش انشعاب و تحدید و با استفاده از نرم‌افزار Lingo ۸ انجام شده است. مدل مربوطه برای شرایط ایران اجرا شده و به‌صورت یک شبکه ٤ قطبی ارایه شده است که حائز شرایط بهینه اقتصادی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پارک لجستیک، اکو، مکان‌یابی، ترانزیت، قطب

۱. مقدمه

یکی از مهم‌ترین مسائل در بحث ترانزیت بار، مساله تسهیلات‌دهی تجاری[2] است. هدف از تسهیلات‌دهی تجاری گسترش محیطی سازگار، شفاف، مورد تایید جهانی و قابل پیش‌بینی برای تبادلات تجاری بین‌المللی می‌باشد. تسهیلات‌دهی تجاری، بر اساس موافقتنامه‌های مورد تایید بین‌المللی اجرا می‌گردد که حاصل استانداردکردن تسهیلات فیزیکی، ساده‌سازی روش‌ها و تشریفات و هماهنگ‌کردن قوانین و مقررات تجارت و حمل‌ونقل می‌باشد [۱]. در واقع تسهیلات‌دهی تجاری به‌دنبال رویه‌های گمرکی ساده و قابل پیش‌بینی، شبکه زیربنایی بی‌عیب و عملیات لجستیکی مؤثر می‌باشد.

وظیفه لجستیک یا امور «نرم‌افزاری[3]»، تهیه کالا برای مکان‌هایی

اســت کــه به آن نیــاز دارنــد. «لجســتیک، آن بخشــی از فرآیند زنجیــره‌ای تدارکات اســت که انتقال و انبارکــردن مؤثر و کارای کالاهــا و خدمات و اطلاعات مربوطه را بــه منظور برآورده‌کردن نیاز مصرف‌کننده از مبدا تولید تا مقصد مصرف، برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل می‌کند» [۲]. اهداف عملیاتی نظام لجســتیکی عبارتند از: واکنش سریع، کمینه‌ســازی نوسان‌ها، کمینه‌سازی موجودی انبار، ادغام محموله‌ها، افزایش کیفیت و ارایه پشــتیبانی برای دورهٔ عمر محصول [۲]. نکته مهم این اســت که لجســتیک، صرفا رســاندن اشیا به مقاصد مورد نظر نیست، بلکه انجام فعالیت در یک فضای رقابتی است که در آن، سایر بنگاه‌ها آماده جذب مشتریان یکدیگر در زمان مناســب هســتند. بنابراین هدف کلی لجســتیک حصول سطح تعیین شدهٔ ارایه خدمات به مشتریان با کمترین هزینه ممکن است.

در ایــن تحقیــق، هــدف شناســایی مکان مناســب تســهیلات (پارک‌های لجســتیکی) با فرض عدم محدودیت در ظرفیت سایر زیربخش‌ها بوده و محدوده تحقیق در حیطه منطقه اکو می‌باشــد. ســازمان همکاری‌های اقتصادی اکو، مرکب از ده کشــور آسیای غربی و مرکزی شــامل جمهوری اســلامی ایران، ترکیه، پاکستان، قزاقستان، قرقیزستان، تاجیکستان، ترکمنستان، ازبکستان، افغانستان و آذربایجان می‌باشد. این سازمان در سال ۱۹٦٤ میلادی، با هدف بهبود سطح زندگی و رفاه مردم منطقه، گسترش مبادلات بازرگانی، همــکاری در زمینه‌های اقتصادی، اجتماعــی، علمی و فرهنگی و تحکیم بیشــتر پیوندهای تاریخی و فرهنگــی در بین مردم منطقه تاسیس گردید [۳].

۲. بیان مساله تحقیق

پارک‌های لجســتیکی، در راستای سیاســت‌های تسهیلات‌دهی تجاری و با هدف ارایه خدمات لجستیکی با کیفیت و کارایی بالا، احداث می‌شــوند. این مکان‌ها، ســبب تجمع بخش‌های مختلف صنعت لجستیک از قبیل پارک کامیون[٤]، شرکت‌های حمل‌ونقلی[٥]، انبــار کانتینر[٦]، بخش‌های لجســتیکی[۷]، مرکز فناوری[۸] و پروســه توزیــع[۹] در یک مــکان می‌گردند [٤]. هریــک از این بخش‌ها، از اهمیت بالایی در شبکه حمل‌ونقل برخوردار می‌باشند و مطالعات نشان می‌دهد تحقیقات در زمینه هریک از بخش‌ها در حال افزایش می‌باشــد. به عنوان مثال تحقیقات گسترده‌ای در مورد نقش مراکز فناوری در توسعه صنایع با فناوری بالا [۵،٦،۷] و یا در مورد تاثیر شرکت‌های خدماتی شــخص ثالث در کاهش سرمایه‌گذاری‌های لجستیکی، بهبود عملکرد لجستیکی و و تقویت کسب‌وکار [۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲] صورت پذیرفته است.

در حال حاضر تقاضا برای لجســتیک بین‌الملل در حال افزایش است؛ این افزایش ناشی از چهار عامل اصلی جهانی‌سازی اقتصاد، انتقال سریع محصولات، کسب‌وکار و تولید با سرعت بالا و مدیریت زنجیره تدارکات یکپارچه می‌باشــد [۱۳]. طی ســال‌های اخیر، به منظــور ایجاد محیطی مطلوب برای رشــد اقتصادی، کشــورهای آسیای شرقی اقدام به توسعه قطب‌های لجستیکی نموده‌اند [۱٤]. پارک‌های لجســتیکی متعددی در ســطح جهان ساخته شده است که از آن جمله می‌توان به پارک لجســتیکی «ارومکی[۱۰]» در چین [٤]، پارک لجستیکی «گالسبورگ[۱۱]» در آمریکا و پارک لجستیکی «فیانو[۱۲]» در ایتالیا اشاره کرد.

علی‌رغــم اهمیــت مکان‌یابــی پارک‌های لجســتیکی، مطالعات انجام‌شــده در ایــن زمینــه و به‌ویژه در زمینــه پارک‌های مختص ترانزیت بار، نســبتا کم اســت. اما مطالعات گســترده‌ای در زمینه مســائل مربوط به حمل‌ونقل کالا در مســیر[۱۳] [۱۵،۱٦]، مسیریابی وســائل نقلیه[۱٤] [۱۷]، مدیریت ناوگان [۱۸،۱۹] و تخصیص منابع لجستیکی [۲۰] انجام شده‌است..

در مناطق دارای پتانسیل ترانزیت بار، با توجه به چرخه خدمات لجســتیکی (شکل ۱)، ارایه هرچه بیشتر خدمات لجستیکی کارا و مؤثرتر، سبب سهولت در تجارت بین‌المللی می‌شود. تسهیل‌شدن تجارت ســبب جذب بیشــتر تقاضا شــده و در نتیجه تقاضا برای خدمات لجستیکی، افزایش می‌یابد. در نهایت، با افزایش تقاضای خدمات لجســتیکی، جهت پاســخگویی به تقاضای موجود رشد و توســعه خدمات لجســتیکی، امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. با توســعه خدمات لجستیکی، چرخ‌های ایجاد می‌گردد که درنهایت رشــد و توســعه اقتصادی را بــه دنبال خواهد داشــت؛ از طرف

دیگر برعکس این چرخه نیز صادق است به‌گونه‌ای که چنانچه خدمات لجستیکی ضعیفی ارایه شود، موانع پیش روی تجارت افزایش می‌یابد و در نتیجه تقاضای خدمات لجستیکی کاهش می‌یابد. کاهش تقاضای خدمات لجستیکی موجب انحطاط صنعت لجستیک موجود شده و کیفیت خدمات لجستیکی سیر نزولی می‌یابد و درنهایت چرخه‌ای ایجاد می‌شود که سبب رکود اقتصادی می‌گردد. با توجه به موارد مذکور، ضرورت افزایش کیفیت خدمات لجستیکی از اهمیت والایی برخوردار است. بی‌شک، مناسب‌ترین شیوه جهت ارایه خدمات لجستیکی کارا و مؤثر استفاده از پارک‌های لجستیکی می‌باشد.

با توجه به لزوم ایجاد این مراکز، در ادامه الگویی جهت مکان‌یابی احداث پارک‌های لجستیکی ارایه شده است.

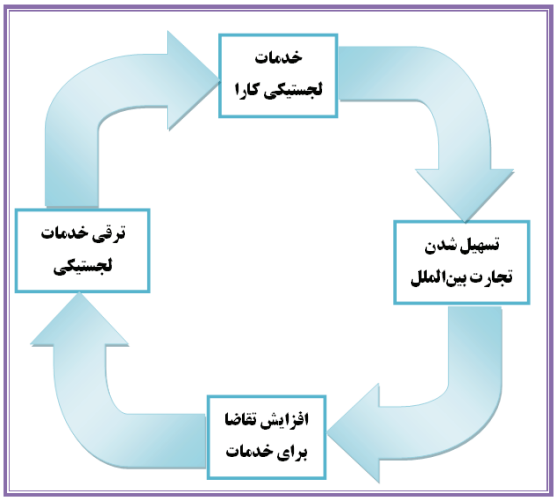
۳. الگوی مکان‌یابی پارک‌های لجستیکی

پیش از توسعه یک مدل تئوریکی، ضروری است مشخصه‌ها و ویژگی‌های خدمات لجستیکی مورد بررسی قرار گیرد. نخست، فعالیت‌های لجستیکی به عنوان فعالیت‌های میانی در نظر گرفته می‌شوند. بدین‌معنی که تقاضا برای خدمات لجستیکی ناشی از تقاضای خدمات و کالاهای نهایی است که به دست مشتریان می‌رسند. نظر مشتریان تاثیر مهمی بر رفتار شرکت‌های ارایه‌دهنده خدمات لجستیکی دارد. دوم اینکه، ارایه خدمات از یک فاصله نسبتا دور و با هزینه به مراتب بالاتر، ممکن نیست [۲۲]. لذا هزینه، پارامتر تعیین‌کننده‌ای در ارایه خدمات لجستیکی می‌باشد. در ادامه با بررسی تقاضا و عرضه خدمات لجستیکی، مکان مناسب پارک‌های لجستیکی پیشنهاد شده و در نهایت مدلی ریاضی بر مبنای حداقل‌کردن هزینه حمل‌ونقل شبکه ارایه می‌گردد.

۳-۱ بررسی تقاضای عملیات لجستیکی

هونگ و چین در سال ۲۰۰۶ [۲۳] مدل ذیل را برای تعیین تقاضای خدمات لجستیکی ارایه نموده‌اند:

$$S_{ij} = (PbQ_i Y^{-s} P_{ij}^{-1})^{1/(1-s)} \qquad (۱)$$



شکل ۱- چرخه خدمات لجستیک [۲۱]

$$Q_i = X^a Y^b, a+b \le 1 \qquad (۲)$$

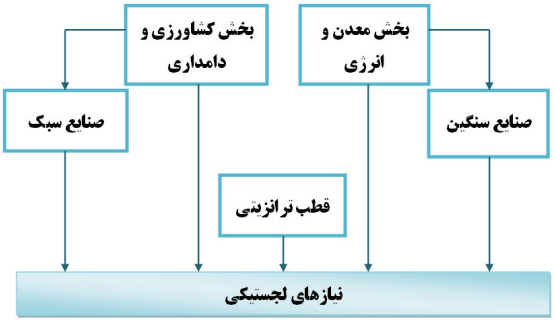
$$Y = \left[\sum_{i=1}^{nj} S_{ij}^{\ s}\right]^{1/s}, 0 < s < 1 \qquad (۳)$$

$$\max \Pi = PX^a Y^b - P_{xj} X - \sum_{i=1}^{nj} P_j S_j \qquad (٤)$$

رابطه (۱) تقاضای خدمت لجستیکی i که توسط یک کارخانه تولیدکننده در شهر j مورد استفاده قرار می‌گیرد را مشخص می‌نماید. این رابطه با فرض اینکه کاربران خدمات لجستیکی تنها کارخانه‌های تولیدکننده می‌باشند، به‌دست آمده است که در آن Sij میزان استفاده از خدمت لجستیکی توسط یک کارخانه تولیدکننده، P هزینه تولید کالا، Qj خروجی کارخانه در شهر j، Y یک خدمت لجستیکی مرکب از فعالیت‌های لجستیکی متمایز (از قبیل حمل‌ونقل، انبارداری و غیره)، nj تعداد شرکت‌های ارایه‌دهنده خدمات لجستیکی در شهر j ، Pij هزینه خدمت لجستیکی i در شهر j ، X ورودی‌های اولیه از قبیل کارگر و غیره و σ درجه تنوع بین خدمات مختلف می‌باشد. رابطه (٤) تابع درآمد کارخانه در شهر j می‌باشد.

به‌طورکلی بررسی تقاضای لجستیکی، نیازمند ارزیابی نیازهای کاربران صنعت لجستیک در بخش‌های کشاورزی، معادن و صنایع

سبک و سنگین مرتبط با آنها، ارزیابی نیازهای تجارت داخلی بین مناطق مختلف و ارزیابی نیازهای قطب‌های ترانزیتی می‌باشد [٤]. ارتباط بخش‌های مختلف تولیدی، اقتصادی و تجاری با تقاضای لجستیکی در شکل ۲ نشان داده شده‌اند.



شکل ۲. تقاضای لجستیکی [٤]

بخش‌های معدن، انرژی، کشاورزی، دامداری و صنایع سبک و سنگین مرتبط با آنها، مربوط به تجارت داخلی هستند. در این تحقیق هدف ارایه خدمات به ترانزیت بار می‌باشد؛ از این‌رو، بخش‌های مربوط به تجارت داخلی در نظر گرفته نمی‌شوند و تنها نیاز لجستیکی منطقه به عنوان قطب ترانزیتی، مبنای مکان‌یابی در نظر گرفته می‌شود.

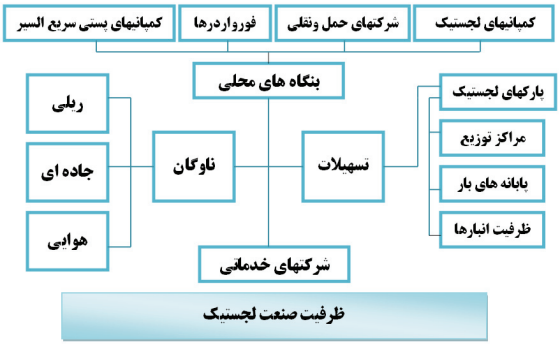
۳-۲ بررسی عرضه خدمات لجستیکی

از ترکیب معادلات (۲) و (۳) خواهیم داشت [۲۳]:

$$Q_j = n_j^{b(1-s)s} X^a S_j^b \qquad (۵)$$

رابطه فوق نشان می‌دهد که سطح تولید کارخانه‌ها، مستقیما به تعداد شرکت‌های ارایه‌دهنده خدمات لجستیکی (n_j) بستگی دارد. به عبارت دیگر با افزایش تعداد شرکت‌های ارایه‌دهنده خدمات لجستیکی (عرضه)، سطح تولید کارخانه‌ها (تقاضا) افزایش می‌یابد (چرخه خدمات لجستیکی).

به‌طورکلی ظرفیت لجستیکی، به ظرفیت شرکت‌های محلی، شرکت‌های حمل‌ونقلی، شرکت‌های خدماتی شخص ثالث و تسهیلات لجستیکی بستگی دارد [٤]. هرگونه نقصان در ظرفیت هریک از این زیربخش‌ها، منجر به نقصان در ظرفیت کل صنعت لجستیک می‌گردد. به عبارت دیگر، نقصان در یکی از زیربخش‌ها کافی است تا با وجود کامل بودن ظرفیت سایر زیربخش‌ها، دستیابی به ظرفیت کامل صنعت لجستیک میسّر نگردد. در شکل ۳ معیارهای ظرفیت صنعت لجستیک نشان داده شده‌اند.



شکل ۳. معیارهای بررسی ظرفیت صنعت لجستیک (عرضه) [٤]

صنعت لجستیک در منطقه اکو، در مراحل رشد اولیه قرار گرفته است. فعالیت‌هایی در زمینه لجستیک انجام می‌شود، ولی تعداد بسیار اندکی از آنها را می‌توان فعالیت لجستیکی مدرن، خطاب نمود. در سطح منطقه اکو، پارک‌های لجستیکی مدرن وجود ندارند. مراکز توزیع و پایانه‌های بار و انبارها، غالبا قدیمی هستند و کارایی لازم را ندارند. «روابط تجاری بین کشورهای عضو اکو عمدتا بین کشورهای هم‌مرز، از جمله ایران با ترکیه یا ترکیه با آذربایجان می‌باشد. این موضوع یکی از مشکلات بنیادی فراروی مبادلات تجاری بین کشورهای عضو اکو یعنی مشکل حمل‌ونقل کالا را منعکس می‌کند. فقدان شبکه‌ها و امکانات مناسب، کشورهای عضو اکو را به انتخاب سهل‌الوصول‌ترین طرف تجاری یعنی کشورهای هم‌مرز مجبور کرده است» [۳]. بنابراین تسهیلات لجستیکی در منطقه اکو در سطح ضعیفی می‌باشند.

۳-۳ مکان مناسب برای پارک‌های لجستیکی

برای انتخاب مکان مناسب پارک‌های لجستیکی، ابتدا باید به نیازهای لجستیکی توجه کرد. با توجه به اینکه در این تحقیق تنها بارهای ترانزیتی مد نظر قرار دارند، لذا نیازهای لجستیکی بخش‌های کشاورزی، دامداری، انرژی و صنایع سبک و سنگین

مرتبط با آنها، مورد نظر قرار نمی‌گیرد. از طرفی دیگر در سطح اکو، پارک‌های لجستیکی مدرن، موجود نیست. لذا با توجه به نحوه عرضه در سطح اکو و نیازهای لجستیکی بررسی شده، بهترین مکان برای پارک‌های لجستیکی، همان قطب‌های ترانزیتی می‌باشد. البته قابل ذکر است، چنانچه تسهیلات لجستیکی موجود در حد قابل قبولی باشند، مکان بهینه برای احداث مراکز تسهیلات‌دهی لزوما مکان قطب‌های ترانزیتی نیست؛ زیرا ممکن است در فاصله اندکی از محل قطب‌های ترانزیتی، تسهیلات قابل قبولی موجود باشد، که در این صورت احداث تسهیلات در قطب ترانزیتی توجیه اقتصادی نخواهد داشت و باید از الگوهای دیگری استفاده شود.

به منظور تعیین مکان قطب‌های ترانزیتی، ابتدا انواع شبکه قطب و اقمار مورد بررسی قرار می‌گیرد. یک شبکه قطب سه مؤلفه اصلی دارد: گره‌ها، قطب‌ها و کمان‌ها. گره‌ها نقاط تولید و یا جذب جریان هستند. قطب امکان انتقال و عبور جریان را دارد و علاوه بر آن می‌تواند مشخصه گره یعنی تولید و جذب جریان را نیز داشته باشد. کمان‌هایی که گره‌ها و قطب‌ها را به همدیگر متصل می‌کنند باید دارای دو ویژگی زیر باشند:

۱- هر گره باید به حداقل یک قطب متصل شده باشد،

۲- مسیر صحیح باید بین تمام قطب‌ها موجود باشد.

این دو ویژگی تضمین می‌کند که یک مسیر قابل توجیه بین تمام مبدا و مقصدها در شبکه وجود داشته باشد. گره‌هایی که به تمام گره‌های دیگر مستقیما متصل هستند، تاثیری در مساله ندارند. در واقع گره‌هایی در مساله تاثیر دارند که لزوما از طریق شبکه با سایر گره‌ها در ارتباط باشند.

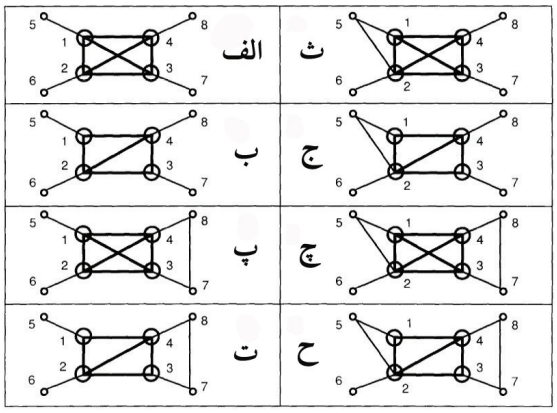
سه دسته متغیر تصمیم‌گیری برای تعیین نوع قطب وجود دارد [۲٤]:

۱- گره متصل به یک قطب و یا چندین قطب است،

۲- اتصال گره به گره مستقیما مجاز باشد یا نباشد، و

۳- اتصال بین قطب کامل و یا ناقص باشد.

با توجه به موارد فوق ، شبکه قطب به هشت نوع مختلف دسته‌بندی می‌شود. این ۸ دسته در شکل ٤ نشان داده شده‌اند.



شکل ٤- انواع شبکه‌های قطب [۲٤]

باید توجه داشت که نوع مناسب شبکه، بر اساس هدف انتخاب می‌گردد.

برای انتخاب مکان بهینه پارک‌های لجستیکی (قطب‌های ترانزیتی)، می‌توان از مدل‌های مکانیابی استفاده نمود. در ادامه مدلی جهت مکان‌یابی بهینه قطب‌های ترانزیتی ارایه می‌شود.

٤. مدل ریاضی مکان‌یابی قطب‌های ترانزیتی

آنچه در مورد مشتریان و اهدافشان دنبال می‌شود، مدل مناسب را مشخص می‌کند. در این تحقیق از مدل برنامه‌ریزی خطی با هدف حداقل‌کردن هزینه حمل‌ونقل در کل سیستم استفاده شده است.

٤-۱ فرضیات مدل

برای شکل‌دهی مدل، فرضیات ذیل مد نظر قرار می‌گیرند:

۱- هزینه واحد حمل‌ونقل مستقل از جریان ترافیک است. وابسته بودن هزینه واحد حمل‌ونقل به میزان جریان باعث ایجاد یک رابطه غیرخطی در تابع هزینه می‌شود که این امر بر پیچیدگی مساله می‌افزاید. برای جلوگیری از پیچیده‌شدن مساله فرض می‌شود که هزینه واحد حمل‌ونقل مستقل از حجم جریان است؛

۲- یک گره فقط به یک قطب تخصیص داده نمی‌شود. مبدا- مقصدهای مختلف از مبدا مشترک به قطب‌های مختلف می‌توانند تخصیص داده شوند، در یک شبکه قطب، گره‌ها می‌توانند فقط به یک قطب یا به چند قطب اختصاص داده شوند. حالتی که گره‌ها

فقط به یک قطب اختصاص داده می‌شوند، به این معنی است که کلیه مبدا – مقصدهای به مبدا i تنها به یک قطب k تخصیص می‌یابند. در این حالت ممکن است برخی از مبدا – مقصدها با عبور از قطبی غیر از قطب k، تابع هدف را بهینه کنند، اما به دلیل محدودکردن شبکه، مجبور به عبور از قطب k هستند. بنابراین تخصیص گره‌ها فقط به یک قطب ممکن است حالت بهینه نباشد. در نتیجه فرض شده است که گره‌ها به چند قطب تخصیص داده شده‌اند؛

۳- جریان از مبدا به مقصد تنها به یک قطب تخصیص داده می‌شود. چنانچه هزینه واحد حمل‌ونقل، برای انواع مختلف کالاها متفاوت باشد، برای یک مبدا- مقصد می‌توان بیش از یک قطب تخصیص داد. به این معنی که درصدی از جریان به یک قطب و درصدی به قطب دیگر تخصیص داده شود. اما در صورتی‌که هزینه واحد حمل‌ونقل برای انواع مختلف کالا یکسان باشد، دلیلی برای تخصیص بیش از یک قطب به هر مبدا- مقصد وجود ندارد. اختصاص یک مبدا- مقصد به چند قطب باعث پیچیده‌ترشدن مدیریت شبکه می‌شود و امکان استفاده از حداکثر ظرفیت ناوگان را کاهش می‌دهد. بنابراین فرض شده است هر مبدا – مقصد تنها به یک قطب تخصیص می‌یابد؛

٤- در مبدا- مقصدهایی که هردو گره مبدا و مقصد در مرز مشترک با یک کشور خاص قرار دارند، نیازی به عبور جریان از قطب وجود ندارد. در مرز برخی از کشورها بیش از یک گره مرزی تولید و جذب سفر وجود دارد که میزان جریان بین این مبدا- مقصدها اغلب برابر صفر است، زیرا منطقی نیست که بار ترانزیتی از یک کشور مبدا وارد کشور مقصد شود و از مرز دیگر، دوباره وارد کشور مبدا شود. تخصیص قطب برای این مبدا- مقصدها باعث ایجاد خطا در مدل شده و باعث افزایش هزینه کل شبکه می‌شود. بنابراین فرض شده است که مبدا- مقصدهایی که در مرز یک کشور قراردارند، نیازی به عبور از قطب ندارند؛

۵- جریان تک‌طریقه‌ای است. جریان چندطریقه‌ای۱۵ (ترکیبی) به این معنی است که جریان در یک مبدا- مقصد از بیش از یک طریقه حمل‌ونقل (جاده‌ای، ریلی، دریایی، هوایی) استفاده می‌کند. به عبارت دیگر جریان ابتدا با استفاده از یکی از طرق حمل‌ونقل از مبدا شروع به حرکت می‌کند و در ادامه با تغییر طریقه حمل‌ونقل به مقصد می‌رسد. جریان برای رسیدن به مقصد، ممکن است یک یا چند بار طریقه حمل‌ونقل را تغییر دهد. در این مساله شبکه تک‌طریقه‌ای (جاده‌ای) مدل شده است؛

٦- ظرفیت ترانزیتی هر قطب از نظر زیرساخت‌ها محدود است. هر قطب دارای ظرفیت محدودی از نظر زیرساخت‌ها (جاده، راه‌آهن، فرودگاه، بندر و غیره) است. در صورت محدودنکردن ظرفیت قطب، ممکن است جریان تخصیص یافته به قطب بیشتر از ظرفیت ترانزیتی آن قطب باشد. در این صورت باید هزینه احداث زیرساخت‌های جدید در مدل وارد شود تا حالت بهینه به‌دست آید. با توجه به در دسترس‌نبودن هزینه احداث زیرساخت‌های جدید، ظرفیت هر قطب محدود شده است؛

۷- قطب می‌تواند مرکز تولید و یا جذب سفر باشد. دو حالت برای قطب وجود دارد. قطب یا مرکز تولید و جذب سفر است و یا مرکز تولید و جذب سفر نیست. محدودکردن قطب به اینکه مرکز تولید یا جذب سفر نباشد، نمی‌تواند به حالت بهینه منتج گردد زیرا ممکن است حالت بهینه قطب در یک گره تولید یا جذب سفر باشد. بنابراین برای قطب‌ها محدودیتی برای مرکز تولید یا جذب سفر در نظر گرفته نشده است؛

۸- ظرفیت ناوگان و شرکت‌های حمل‌ونقلی محدود نیست. ظرفیت لجستیکی، بستگی به ظرفیت شرکت‌های محلی، شرکت‌های حمل‌ونقلی، شرکت‌های خدماتی شخص ثالث و تسهیلات لجستیکی دارد. نقصان در ظرفیت هریک از این زیربخش‌ها منجر به نقصان در ظرفیت کل صنعت لجستیک می‌گردد؛

۹- تعداد قطب‌ها معین می‌باشد. در مدل باید محدودیتی برای قطب‌ها در نظر گرفت. این محدودیت یا با اعمال هزینه احداث قطب در نظر گرفته می‌شود و یا با محدودکردن تعداد آنها. با اعمال هزینه احداث قطب‌ها در هزینه کل سیستم، حالت بهینه برای تعداد قطب‌ها با توجه به حداقل‌کردن هزینه در کل سیستم به‌دست می‌آید. برای تعیین هزینه احداث قطب باید میزان تقاضا

برای آن قطب معلوم باشد تا با استفاده از آن، هزینه احداث تعیین شـود. با توجه به اینکه میزان تقاضا معلوم نیست، بنابراین تعداد قطب‌ها محدود می‌شود؛ و

۱۰- مکان‌هـای مشـخصی پتانسـیل قطب‌شـدن را دارند. در مکان‌یابی پیوسته، لزوما نتایج بهینه حاصل نمی‌گردند، زیرا ممکن اسـت احداث مراکز در مکان‌های انتخاب شده به روش پیوسته عملا امکان‌پذیر نباشـد. از این رو، از روش مکان‌یابی گسسـته استفاده‌شده است. مکان قطب‌ها به صورت کاندیدا انتخاب شده و از بین آنها گزینه بهینه انتخاب می‌شود.

با توجه به فرضیات، شبکه قطب نوع "چ" انتخاب می‌گردد.

٤-٢ مجموعه‌های مدل

مجموعه‌های انتخاب شده برای مدل بشرح ذیل می‌باشند:

الف- مجموعه گره‌های مبدا:

کلیه گره‌های تولید سـفر به عنوان گره‌های مبدا در مجموعه‌ای به صورت زیر تعریف می‌شوند.

$A_1 = \{1, 2, 3 \dots n\}$

ب- مجموعه گره‌های مقصد:

کلیه گره‌های جذب سفر به عنوان گره‌های مقصد در مجموعه‌ای به صورت زیر تعریف می‌شوند.

$A_2 = \{1, 2, 3 \dots m\}$

ج- مجموعه گره‌های کاندیدا:

کلیـه گره‌های انتخابی بـه عنوان گره کاندیـدا برای قطب، در مجموعه‌ای به صورت زیر تعریف می‌شوند.

$A_3 = \{1, 2, 3 \dots t\}$

٤-٣ پارامترها و متغیرهای تصمیم‌گیری

C_{ik}= هزینـه حمل‌ونقل از گره مبدا i به نقطه کاندیدای قطب k؛

C_{kj}= هزینه حمل‌ونقل از قطب k به گره مقصد j؛

V_{ij} = حجم جریان بین مبدا i و مقصد j؛

Y_{ijk} = متغیر تصمیم‌گیری برای مشخص‌کردن مسیر؛

۱ اگر مسیر i به j از قطب k عبور کند،

Y_{ijk} = ۰

در غیر این صورت

k = متغیر تصمیم‌گیری برای مشخص‌کردن قطب؛

۱ اگر در مکان قطب احداث شود،

X_k = ۰

در غیر این صورت

M = عددی خیلی بزرگ؛

N = تعداد کل قطب‌ها؛

h_{ij} = تعداد قطب مورد نیاز بین هر مبدا- مقصد و

U = حداکثر ظرفیت هر گره قطب کاندیدا.

٤-٤ مدل ریاضی

مدل به صورت زیر ارایه می‌شود:

$$MinZ = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{t}(C_{ik} + C_{kj}) * V_{ij} * Y_{ijk} \qquad (٦)$$

:S.t

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=2}^{m} Y_{ijk} \le M * X_k \qquad \forall k \in A_3 \qquad (٧)$$

$$\sum_{k=1}^{t} X_k = N \qquad (٨)$$

$$\sum_{k=1}^{t} Y_{ijk} = h_j \qquad \forall i \in A_1, j \in A_2 \qquad (٩)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} V_j * Y_{ijk} \le U \qquad \forall k \in A_3 \qquad (١٠)$$

$$X_k \in \{0,1\} \qquad Y_{ijk} \in \{0,1\}$$

٤-٥ توصیف مدل

در مدل فوق هدف تصمیم‌گیری عبارت اسـت از حداقل‌کردن هزینه حمل‌ونقل در کل سیسـتم. محدودیت اول (رابطه ٦) جهت تضمین نامحدود بودن تعداد مبـدا- مقصدهای تخصیص‌یافته به

هر قطب، محدودیت دوم (رابطه ۷) جهت محدودکردن تعداد کل قطب‌ها، محدودیت سوم جهت تعیین تعداد قطب‌های تخصیص‌یافته در هر مبدا- مقصد و محدودیت چهارم (رابطه ۹) جهت تضمین عدم تجاوز از ظرفیت هر قطب در نظر گرفته شده‌اند.

مدل فوق یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح صفر و یک۱٦ می‌باشد. فرضیات برنامه‌ریزی خطی عبارتند از تناسب، جمع‌پذیری، معین‌بودن و بخش‌پذیری [۲۵]. با توجه به اینکه تنها معیار بررسی مساله، هزینه حمل‌ونقل است که مجموعه‌ای از اعداد صحیح و غیرمبهم می‌باشد، با در نظر گرفتن فرض ۱ مدل، فرضیات برنامه‌ریزی خطی برقرار می‌باشند. الگوریتم‌های متعددی برای حل مسائل برنامه‌ریزی عدد صحیح وجود دارند. متداول‌ترین الگوریتم برای حل مسائل برنامه‌ریزی عدد صحیح، روش انشعاب و تحدید[۱۷] است [۲٦] که برای حل مدل استفاده شده است.

۵. اجرای مدل پیشنهادی (مطالعه موردی)

مدل پیشنهادی برای منطقه ایران و شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای آن به عنوان مطالعه موردی، مورد ارزیابی قرار گرفته است. کشور ایران به دلیل اینکه در مسیر ترانزیت کالا و گذرگاه جمهوری‌های بالتیک، قفقاز، آسیای میانه و اسلاو و کریدورهای مهم بین‌المللی از قبیل کریدور شمال- جنوب و کریدور شرق- غرب قرار گرفته است، از موقعیت ممتاز و بی‌نظیری برخوردار است.

۵-۱ انطباق مجموعه‌های مورد نیاز مساله با شرایط واقعی منطقه ایران

همان‌گونه که در بخش قبل اشاره گردید، مجموعه‌های مورد نیاز عبارتند از مجموعه نقاط مبدا، مجموعه نقاط مقصد و مجموعه نقاط کاندیدا برای قطب. در این تحقیق، مجموعه‌ها برای مطالعه موردی ایران بشرح ذیل شناسایی شده‌اند.

۵-۱-۱ مراکز تولید و جذب سفر

مراکز تولید و جذب سفر عبارتند از نقاط ورود (و خروج) بار ترانزیتی به (و از) کشور. نقاط ورود و خروج بارهای ترانزیتی در ایران، نقاط گمرک مرزی می‌باشند. نقاط گمرک مرزی ایران عبارتند از:

بازرگان، جلفا، نوردوز، بیله‌سوار، آستارا، اینچه‌برون، باجگیران، لطف‌آباد، سرخس، دوغارون، میرجاوه، بندرانزلی، بندرعباس، بندرلنگه، باشماق، رازی، بندرامیرآباد، نکا، بوشهر، خسروی، بندرامام و سایر مرزها[۱۸] [۲۷].

میزان ورود و خروج بار ترانزیتی از سایر مرزها بسیار اندک می‌باشد. در نتیجه در این تحقیق از آنها صرفنظر شده است. بنابراین ۲۱ گره تولید و جذب سفر وجود دارد.

۵-۱-۲ محورهای ترانزیتی مطالعاتی

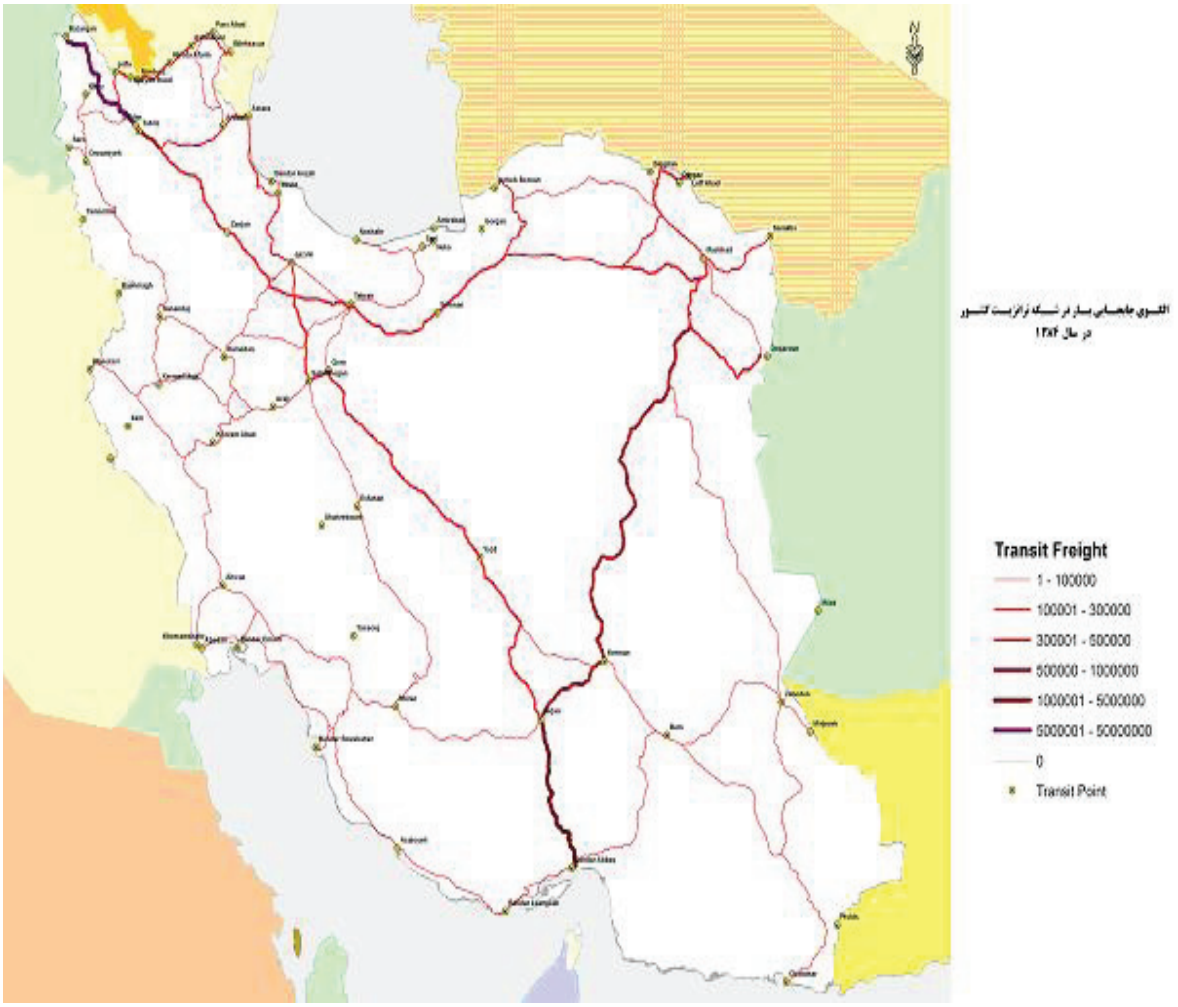
جریان بار ترانزیتی، تنها مجاز به عبور از محورهای ترانزیتی است و حق عبور از محورهای غیرترانزیتی را ندارد. محورهای ترانزیتی شبکه راه‌های ایران در شکل ۵ نشان داده شده‌اند. همان‌طورکه در این شکل مشاهده می‌شود، محورهای ترانزیتی، کلیه مرزهای ورودی و خروجی بار را به یکدیگر متصل کرده‌اند.

۵-۱-۳ نقاط کاندیدا برای قطب

با توجه به این نکته که بارهای ترانزیتی تنها در محورهای ترانزیتی حق تردد دارند، نقاط کاندیدا برای قطب از مجموعه نقاط موجود در شبکه راه‌های ترانزیتی انتخاب شده‌اند. در انتخاب این نقاط، سعی شده که نقاط در سراسر کشور پراکنده باشند تا احتمال تخصیص قطب به آنها زیاد باشند. از این رو ۱۸ نقطه طبق شکل ٦ به عنوان نقاط کاندیدای قطب، انتخاب شده‌اند.

۵-۲ جمع‌آوری آمار و داده‌ها

در جمع‌آوری آمار و داده‌ها به طور عمده از بانک اطلاعاتی سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور استفاده شده‌است. دوره زمانی مطالعه ۱۲ماهه سال ۱۳۸٤ انتخاب شده است. آمار جمع‌آوری شده مربوط به آمار حجم جریان بار ترانزیتی و آمار هزینه حمل‌ونقل می‌شوند.



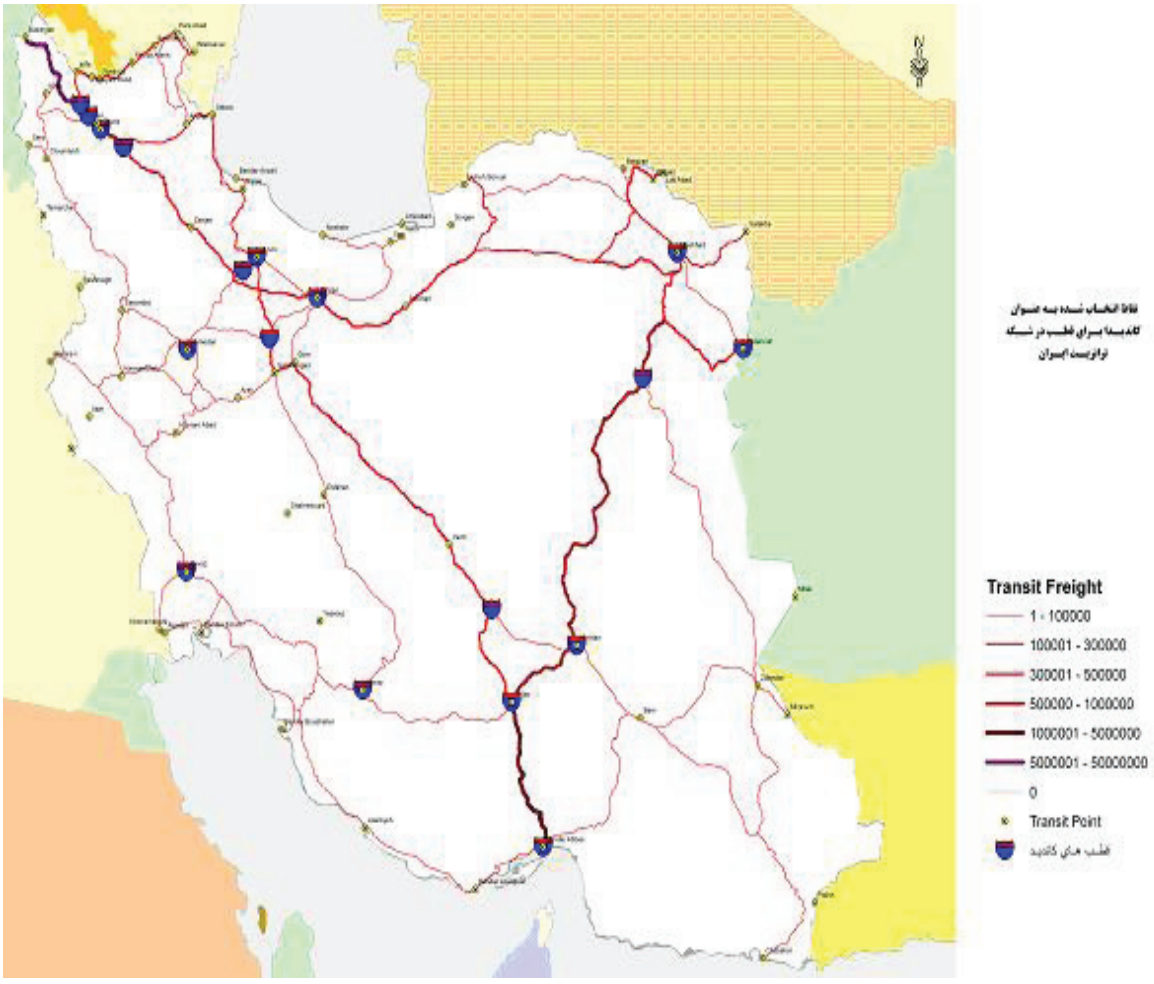
شکل ۵. شبکه جاده‌ای بارگذاری شده ترانزیت کالا در ایران سال ۸۴ [۲۸]

در مورد انتخاب تعداد قطب‌ها، چنانچه هزینه احداث هر قطب در نظر گرفته نشود با افزایش تعداد قطب هزینه کل سیستم، به دلیل کاهش هزینه حمل‌ونقل، کاهش می‌یابد. با افزایش تعداد قطب‌ها به‌تدریج میزان کاهش هزینه حمل‌ونقل کاسته می‌شود و برعکس هزینه احداث قطب‌ها افزایش می‌یابد. در یک نقطه مجموع هزینه احداث قطب و حمل‌ونقل سیستم به کمترین مقدار می‌رسدکه محل تلاقی نمودارهای عرضه و تقاضا می‌باشد که تعداد بهینه قطب و هزینه بهینه شبکه قطب و اقمار را به‌دست می‌دهد. پس از این نقطه هزینه کل سیستم، به‌دلیل افزایش هزینه احداث قطب‌ها و کاهش اندک هزینه حمل‌ونقل، افزایش می‌یابد (شکل ۷).

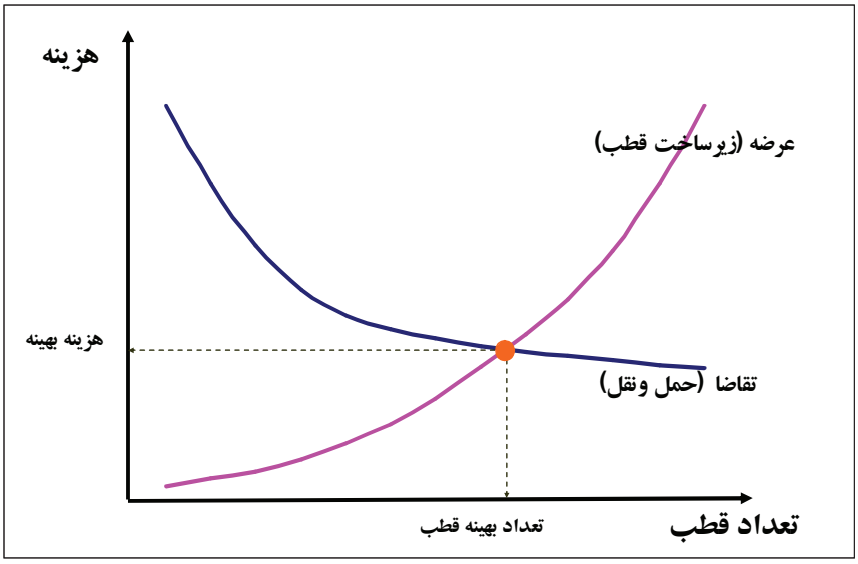
از ۱۸ نقطه کاندیدای قطب، مجموعه‌های ۱ قطبی، ۲ قطبی، ... و ۱۰ قطبی انتخاب و در هر مورد مدل اجرا می‌شود. با مقایسه نتایج موارد مختلف، تعداد بهینه به‌دست می‌آید.

همان‌طورکه در بخش مفروضات مدل اشاره شد، در مبدا- مقصدهایی که هر دو در مرز یک کشور قراردارند قطب تخصیص نمی‌یابد. در شبکه راه‌های ترانزیتی ایران مبدا- مقصدهایی که هردو در مرز یک کشور قراردارند عبارتند از:

آستارا- بندرانزلی، آستارا- بیله‌سوار، باجگیران- لطف‌آباد، باجگیران- اینچه‌برون، بازرگان- رازی، باشماق- خسروی، بندر امام- بندر لنگه، بندر امام- بندر بوشهر، بندر امیرآباد- نکا،



شکل٦. نقاط انتخاب‌شده کاندیدای قطب در شبکه راه‌های ترانزیتی ایران



شکل ۷. تغییرات هزینه عرضه و تقاضا با افزایش تعداد قطب‌ها

بندرعباس- بندرلنگه، بندر لنگه- بندر بوشهر، بیله‌سوار- جلفا، بیله‌سوار- نوردوز، جلفا- نوردوز، اینجه‌برون- لطف‌آباد و اینجه‌برون- باجگیران.

لذا مقدار hij برای مسیرهای فوق برابر صفر و برای سایر مسیرهای دارای بار، برابر یک می‌باشد.

جهت اجرای مدل، با توجه به ابعاد بزرگ شبکه و تعداد زیاد متغیرها از نرم‌افزار Lingo استفاده شده است که نتایج حاصل از حل دقیق مساله بشرح ذیل می‌باشند.

۵-۳ نتایج تحلیل مساله

مجموعه قطب‌های انتخاب شده بشرح جدول ۱ می‌باشند. برای به‌دست‌آوردن تعداد قطب بهینه، هزینه حمل‌ونقل سیستم، هزینه کمینه و بیشینه ساخت قطب‌ها و هزینه کل (مجموع هزینه‌های ساخت قطب‌ها و حمل‌ونقل)، با تعداد قطب‌های مختلف در جدول ۲ ارایه شده‌اند. با توجه به مشخص‌نبودن هزینه ساخت قطب‌ها، کمینه و بیشینه هزینه ساخت به ترتیب برابر با ۱۵۰ میلیارد ریال و ۳۰۰ میلیارد ریال در نظر گرفته شده است.

چنانچه ملاحظه می‌گردد، با افزایش تعداد قطب‌ها هزینه حمل‌ونقل کاهش می‌یابد و این مقدارکاهش هزینه تا تعداد ٤ قطب قابل توجه و بسیار حساس است، ولی بیش از ٤ قطب، هزینه حمل‌ونقل از حساسیت کمی برخوردار می‌گردد. درصورتی‌که با در نظرگرفتن هزینه احداث قطب، با افزایش تعداد قطب‌ها، افزایش هزینه عرضه تسهیلات اجتناب‌ناپذیر است. با توجه به شکل ۸، تعداد بهینه قطب در شبکه ایران، با توجه به محدوده هزینه احداث تسهیلات پارک‌های لجستیکی، در حدود ٤ تا ٦ قطب می‌باشد (با فرض اینکه جهت احداث تسهیلات، هزینه کمینه برابر ۱۵۰ میلیارد ریال و هزینه بیشینه برابر ۳۰۰ میلیارد ریال باشد). البته از آنجایی که تقاضای احداث تسهیلات در این محدوده، در حالت ٤ قطبی از انکسار شیب زیادی برخوردار است و نیز هزینه احداث این تسهیلات در محدوده اول بیشتر با شرایط واقعی همخوانی دارد، لذا در این تحقیق، شبکه ٤ قطبی جهت بررسی بشرح ذیل ارایه می‌گردد.

شکل ۸. تغییرات مقدار هزینه با تعداد قطب‌های مختلف

جدول ۱. قطب‌های انتخاب‌شده با تعداد قطب‌های مختلف

تعداد قطب	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
قطب اضافه‌شده	همدان	سیرجان	مرند	مشهد	بندرعباس	اهواز	بستان‌آباد	تاکستان	کرمان	ساوه

جدول ۲. مقدار هزینه با تعداد قطب‌های مختلف

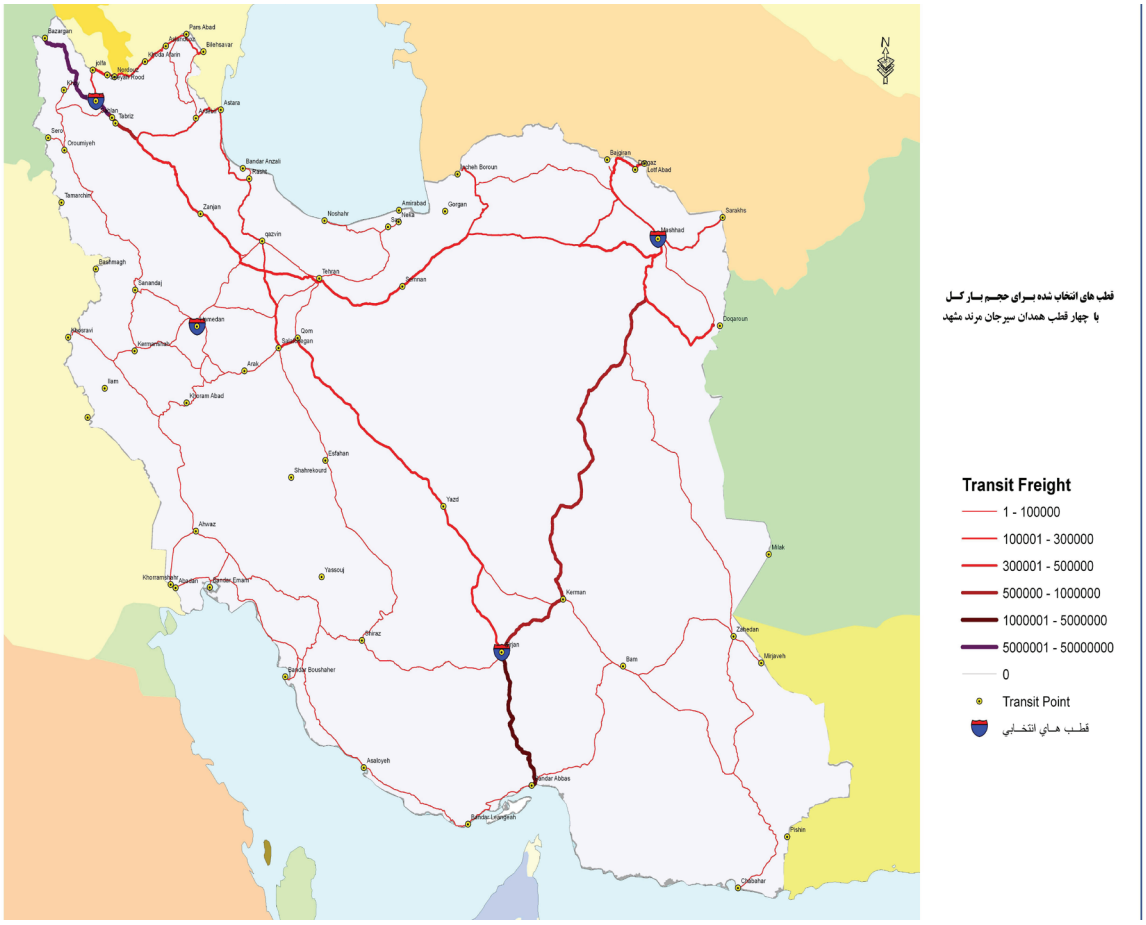
تعداد قطب	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
هزینه حمل‌ونقل (میلیارد ریال)	۱۲۱۳,۹۷	۱۰۲۸,۲	۹۳۷,۷۵	۹۰۰,۳	۸۹۲,۳۵	۸۸۹,۵۷	۸۸۸,۲٦	۸۸۷,۸۵	۸۸۷,٦۱	۸۸۷,٤٤
درصد کاهش هزینه حمل‌ونقل	--	۱۵,۳۱	۸,۷۹	۳,۹۹	۰,۸۸	۰,۳۱	۰,۱۵	۰,۰٤	۰,۰۳	۰,۰۲
کمینه هزینه ساخت (میلیارد ریال)	۱۵۰	۳۰۰	٤۵۰	٦۰۰	۷۵۰	۹۰۰	۱۰۵۰	۱۲۰۰	۱۳۵۰	۱۵۰۰
بیشینه هزینه ساخت (میلیارد ریال)	۳۰۰	٦۰۰	۹۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۱۸۰۰	۲۱۰۰	۲٤۰۰	۲۷۰۰	۳۰۰۰
کل مجموع کمینه هزینه ساخت و حمل‌ونقل (میلیارد ریال)	۱۳٦۳,۹۷	۱۳۲۸,۱٤	۱۳۸۷,۸۵	۱۵۰۰,۳۲	۱٦٤۲,۳۵	۱۷۸۹,۵۹	۱۹۳۸,۲٦	۲۰۸۷,۸۵	۲۲۳۷,٦۱	۲۳۸۷,٤٤
کل مجموع بیشینه هزینه ساخت و حمل‌ونقل (میلیارد ریال)	۱۵۱۳,۹۷	۱٦۲۸,۱۵	۱۸۳۷,۷۵	۲۱۰۰,۳۲	۲۳۹۲,۳۵	۲٦۸۹,۵۹	۲۹۸۸,۲٦	۳۲۸۷,۸۵	۳۵۸۷,٦۱	۳۸۸۷,٤٤

٤-٥ نتایج مربوط به ٤ قطب

شـــهرهای همـــدان، ســـیرجان، مرند و مشـــهد ٤ قطب منتخب می‌باشـــند و مقدار هزینه حمل‌ونقل کل سیســـتم برابر با ۹۰۰,۳۲ میلیارد ریال اســـت. همان‌گونه که در شـــکل ۹ مشاهده می‌شود، قطب‌های انتخاب شـــده به صورت مناسبی در سطح کشور توزیع شـــده‌اند و مبدا- مقصدهای مختلف را به صورت بهینه پوشـــش می‌دهند. نتایج مربوط به قطب‌های انتخاب شـــده برای هر مبدا- مقصد در جدول ۳ ارایه شده است.

٤-٥-١ تحلیل حساسیت شبکه ٤ قطبی

تحلیل حساسیت بر روی نتایج حاصل از ٤ قطب در شکل ۱۰ ارایه شده است. حساسیت هزینه حمل‌ونقل قطب‌های انتخاب‌شده برابر صفر اســـت. همان‌طورکه در این شـــکل ملاحظه می‌شـــود. بندرعباس نسبت به سایر نقاط کاندیدا بیشترین حساسیت را دارد. به ایـــن معنی که چنانچه بندرعباس به‌عنـــوان یکی از چهار قطب انتخاب شود، هزینه حمل‌ونقل کل سیستم به مقدار ۳۰۳۸۸ میلیارد ریـــال افزایش خواهد یافت. این امر به‌دلیل تاثیر مبدا و مقصدهای واقع در مناطق جنوب غربی و شـــرقی اســـت. پـــس از بندرعباس بیشـــترین حساســـیت را اهواز دارد. درصورتی‌کـــه اهواز به عنوان یکی از چهار قطب انتخاب شـــود، هزینه حمل‌ونقل کل سیســـتم بـــه مقدار ۲۷۲۱۵ میلیارد ریال افزایش خواهد یافت. این امر بدین دلیل اســـت که در صورت انتخاب اهواز به عنوان قطب، سیرجان



شکل ۹. قطب‌های منتخب برای شبکه ٤ قطبی

جدول ۳- قطب‌های انتخاب شده برای حالت ۴ قطبی

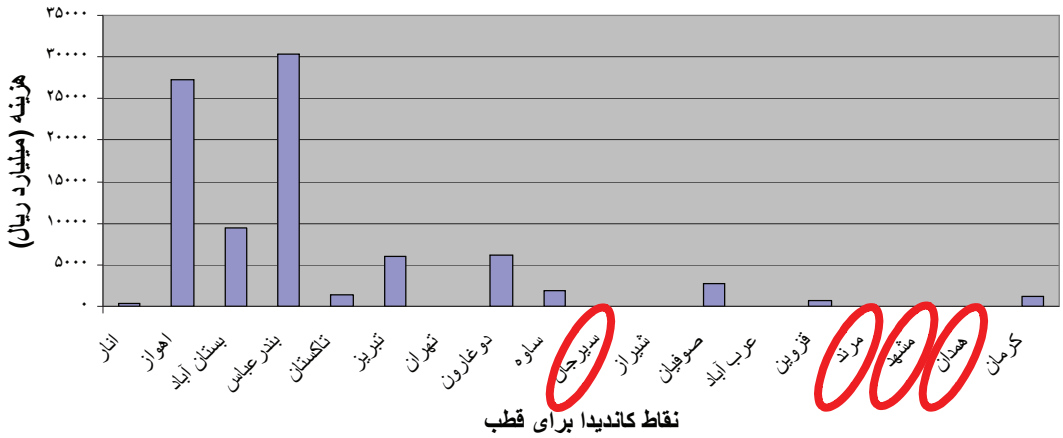
مقصد / مبدا	استارا	اینچه برون	باجگیران	بازرگان	باشماق	بندرامام	بندرانزلی	بندرعباس	بوشهر	بیله سوار	جلفا	خسروی	دوغارون	رازی	سرخس	لطف آباد	میرجاوه	نوردوز	نکا
آستارا	—	—	—	مرند	—	همدان	همدان	همدان	—	—	مرند	همدان	مشهد	—	مشهد	مشهد	همدان	مرند	—
اینچه برون	—	—	—	مرند	—	—	—	مشهد	—	—	—	همدان	—	—	مشهد	—	همدان	مرند	—
باجگیران	—	—	—	مرند	—	—	—	مشهد	—	—	—	همدان	—	—	مشهد	—	همدان	مرند	—
بازرگان	—	مشهد	مشهد	—	—	مرند	—	مرند	—	—	مرند	—	مشهد	—	مرند	مرند	مرند	مرند	—
باشماق	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	همدان	—	—	—
بندرامام	همدان	همدان	—	مرند	—	—	—	—	—	—	مرند	—	—	—	سیرجان	—	—	—	—
بندرانزلی	—	—	—	همدان	—	—	—	همدان	—	—	—	همدان	مشهد	—	مشهد	—	همدان	مرند	—
بندرعباس	سیرجان	همدان	سیرجان	مرند	همدان	سیرجان	سیرجان	—	سیرجان	مرند	—	—	مشهد	مرند	مشهد	مشهد	سیرجان	مرند	—
بوشهر	همدان	—	سیرجان	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	مشهد	—	—	—	—
بیله سوار	—	—	—	—	—	—	—	سیرجان	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
جلفا	مرند	—	—	مرند	—	مرند	—	—	—	—	—	—	مشهد	—	مرند	مرند	مرند	—	—
خسروی	همدان	—	—	—	—	—	همدان	—	—	—	—	—	مشهد	—	مرند	همدان	همدان	همدان	همدان
دوغارون	مشهد	—	مشهد	مشهد	—	—	مشهد	مشهد	—	مشهد	مشهد	مشهد	—	—	مشهد	مشهد	مشهد	مشهد	—
رازی	—	—	—	—	—	—	—	مرند	—	—	—	—	—	—	مشهد	مرند	مشهد	—	—
سرخس	مشهد	—	—	مرند	—	سیرجان	مشهد	مشهد	مشهد	—	مرند	همدان	مشهد	مشهد	—	—	مشهد	مرند	—
لطف آباد	مشهد	—	—	مرند	همدان	—	—	مشهد	—	—	مرند	همدان	مشهد	مشهد	مشهد	—	مشهد	مرند	—
میرجاوه	همدان	مشهد	مشهد	مرند	—	—	همدان	سیرجان	—	مرند	مرند	همدان	مشهد	—	مشهد	مشهد	—	مرند	—
نوردوز	مرند	همدان	مرند	مرند	—	—	مرند	مرند	—	—	—	همدان	مشهد	—	مرند	مرند	مرند	—	—
نکا	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	همدان	—	—	—	—	—	—	—

*- در مبدا- مقصدهایی که قطب مشخص نشده است، تقاضا صفر بوده است.

قطـب نخواهد بود و در نتیجه در جنوب کشـور، قطبی به غیر از اهواز وجود نخواهد داشت. در این صورت حجم بسیار زیادی از بار، باید تغییر مسـیر دهند تـا از اهواز عبور کنند و باعث افزایش هزینه به مقدار زیادی می‌شـوند. شهرهای بسـتان‌آباد، دوغارون، تبریز، صوفیان و کرمان در رده‌های بعدی قرار دارند. در کل، طبق تحلیل حساسیت، اینکه کدام نقاط کاندیدا به عنوان قطب منتخب باشند، بسیار حائز اهمیت است به‌طوری‌که در شبکه ٤ قطبی حق انتخـاب از بین ١٨ قطب کاندیدا وجـود داردکه انتخاب ٤ قطب جهت کاهش هزینه حمل‌ونقل بسیار اهمیت دارد.

صورت قطب ترانزیتی به عنوان نیاز لجستیکی برگزیده شده است. بررسی عرضه موجود نیز، نشان‌دهنده ضعیف‌بودن عرضه در سطح کشـورهای اکو می‌باشد. پس از بررسی تقاضا و عرضه موجود، با توجه به ارایه خدمات بـه بارهای ترانزیتی و ضعیف‌بودن عرضه موجود، مـکان قطب‌های ترانزیتی به عنوان مکان مناسـب برای احداث مراکز، توصیه شـده و مدلی جهـت مکان‌یابی قطب‌های ترانزیتـی با هدف حداقل‌کردن هزینه حمل‌ونقل کل سیسـتم و با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی ارایه گردید.

ایران به عنوان منطقه مطالعاتی برگزیده و پس از بررسی شرایط



شکل ١٠. تحلیل حساسیت بر روی نتایج حاصل از شبکه ٤ قطبی

٦. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نحوه ارایه خدمات اعم از زیربنایی و لجسـتیکی، نقش مهمی را در جهت کاهش و یا افزایش موانع پیشرفت تجارت وترانزیت ایفا می‌کنند. به‌کارگیری الگویی مناسـب جهت ارایه خدمات و مکان بهینـه آنها، نقش بسـیار مهمی در افزایش ترانزیـت دارد. در این تحقیق، الگویی برای مکان بهینه پارک‌های لجسـتیکی جهت ارایه خدمات به بارهای ترانزیتی در سـطح کشورهای عضو اکو، ارایه شده است. بدین‌منظور پس از بررسی لجستیک و چرخه خدمات لجستیکی، نشان داده شد که توسعه و گسترش خدمات لجستیکی (درنتیجه احداث پارک‌های لجستیکی)، امری ضروری می‌باشد.

در ادامه با بررسـی تقاضا از پارک‌های لجستیکی، نقش منطقه به موجود، آمار و داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری شـده است. مدل با تعداد قطب‌های مختلف اجرا شده و نتایج ارایه گردیده‌اند. با توجه به اینکه تعداد متغیرها بسـیار زیاد اسـت، حل دستی بسیار زمان بـر خواهد بود، بنابراین از روش انشـعاب وتحدید و به‌کارگیری نرم‌افزار Lingo که نرم‌افزاری جهت بهینه‌سـازی اسـت و برای مدل‌های برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مناسب می‌باشد، استفاده شده است.

نتایج حاصل از این تحقیق بشرح ذیل است:

صنعت لجستیک در کشورهای عضو اکو در سطح ضعیفی قرار دارد. از این رو، مبادلات تجاری بین کشـورهای عضو اکو عمدتا با کشـورهای همسایه می‌باشد. مراکز تسـهیلات‌دهی تجاری در

سطح کشورهای عضو اکو موجود نیستند. مراکز توزیع، انبارها و پایانه‌های بار عموما به صورت پراکنده بوده و قدیمی هستند. در نتیجه عرضه ضعیف می‌باشد.

تقاضا از مراکز تسهیلات‌دهی تجاری در منطقه اکو، با توجه ارایه خدمات به بارهای ترانزیتی، مربوط به تقاضای قطب ترانزیتی می‌شود.

با در نظر گرفتن ضعف صنعت لجستیک (عرضه موجود) در سطح کشورهای اکو و تقاضای مربوط به قطب ترانزیتی، مکان مناسب برای احداث مراکز تسهیلات‌دهی تجاری، در منطقه اکو، مکان قطب‌های ترانزیتی است. چنانچه عرضه موجود ضعیف نباشد، مکان مناسب برای مراکز لزوما مکان قطب‌های ترانزیتی نخواهد بود.

جهت تعیین مکان قطب‌های ترانزیتی، مدلی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی با هدف حداقل‌کردن هزینه حمل‌ونقل در کل سیستم ارایه گردید. این مدل، یک مدل صفر و یک خطی است برای منطقه ایران، مساله با تعداد قطب‌های ۱، ۲، ۳ ... و ۱۰ اجرا شده و با مقایسه هزینه حمل‌ونقل کل سیستم در هر مورد و نمودار هزینه عرضه و تقاضا، تعداد ٤ قطب مناسب تشخیص داده شده است. قطب‌های همدان، سیرجان، مرند و مشهد جهت احداث پارک‌های لجستیکی در شبکه ایران انتخاب شده‌اند.

نتایج حاصل از مطالعه موردی و پراکندگی مناسب قطب‌های انتخاب شده در کشور، صحت مدل ارایه شده را تایید می‌کنند.

۷. پانویس‌ها

1- ECO (Economic Cooperation Organization)
2- Trade Facilitation
3- Software
4- Truck Park
5- Transport Companies
6- Container Depot
7- Logistics Incubator
8- Technology Centre
9- Distribution Processing
10- Urumqi
11- Galesburg
12- Fiano
13- En-route freight transportation
14- Vehicle routing
15- Multi Modal
16- Binary I. P.
17- Branch and Bound Method

۱۸- سایر مرزها عبارتند از بندرچابهار، بندرخرمشهر، بندرآبادان، سرو، تمرچین

۸. منابع

1- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) Report (2004). "Trade and Transport Facilitation: Building a Secure and Efficient Environment for Trade. United Nations".

۲- لانگ، داگلاس، اسدی، همایون (۱۳۸٤) "لجستیک بین‌الملل، زنجیره جهانی تدارکات"، انتشارات سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، تابستان ۱۳۸٤.

۳- وزارت امور اقتصادی و دارایی، پژوهشکده امور اقتصادی، « بررسی راهکارهای ارتقای جایگاه ایران در شبکه حمل‌ونقل کشورهای عضو اکو"، فصل دوم، دیماه ۱۳۸۳.

4- Cubukgil, A. (Jan 2006). "Trade Facilitation and Customs Cooperation, Xinjiang Uygur Autonomous Region: Logistics Development Strategy", Asian Development Bank (ADB).

5- Chen, C. -J., & Huang, C. -C. (2004). "A multiple criteria evaluation of high-tech industries for the science-based industrial park in Taiwan. Information and Management", 41, 839–851.

6- Furman, J., Poter, M. E., & Stern, S. (2002). "The determinants of national innovation capability. Research Policy", 31(6), 899–993

7- Lai, H. C., & Shyu, J. Z. (2005). "A Comparison of innovation capability at science parks across the Taiwan Strait: The case of Zhangjing high-tech park and Hsinchu science-based industrial park. Technovation", 25, 805–813.

8- Bagchi, P. K., & Virum, H. (1998). “Logistical alliances: Trends and prospects in integrated Europe”, Journal of Business Logistics, 19, 191.

9- Bask, A. H. (2001). “Relationships among TPL providers and members of supply chains—a strategic perspective”, Journal of Business and Industrial Marketing, 16, 470.

10- Laarhoven, P. V., Berglund, M., & Peters, M. (2000). “Third-party logistics in Europe—five years later”. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 30 (5), 425−442.

11- Lieb, R. C., & Bentz, B. A. (2004). “The use of third-party logistics services by large American manufacturers: The 2003 survey”, Transportation Journal, 43 (3), 24−33.

12- Sink, H. L., Langley Jr., C. J., & Gibson, B. J. (1996). “Buyer observations of the US third-party logistics market”, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 26, 38.

13- Rondinelli, D., & Berry, M. (2000). “Multimodal Transportation, Logistics, and the Environment: Managing Interactions in a Global Economy”, European Management Journal, 18 (4), 398–410.

14- Tsai, M. C., & Su, Y. S. (2002). “Political risk assessment on air logistics hub developments in Taiwan”, Journal of Air TransportManagement, 8(6), 373−380.

15-Watling, D., (1993). “The modeling of dynamic route guidance systems”, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 1(2), 159-182.

16- Chen H., Hsueh, C., & Chang, M. (2006).”The real-time time-dependent vehicle routing problem”, Transportation Research Part E, 42, 383–408.

17- Adler, J. L., Blue, V. J. (2002). “A cooperative multi-agent transportation management and route guidance system”, Transportation Research Part C, 10, 433–454

18- Jin D., Kite-Powell, H. L. (2000).”Optimal feet utilization and replacement”, Transportation Research Part E, 36, 3-20.

19- Powell, W.B., Carvalho, T.A. (1997). “Dynamic control of multicommodity fleet management problems”. European Journal of Operational Research, 98, 522–541.

20- Sheu, J., (2006). “A novel dynamic resource allocation model for demand-responsive city logistics distribution operations”, Transportation Research Part E, 42, 445–472.

21- Stoler, A. L. (2006). “Trade Facilitation Regional Integration and Logistics Liberalization”, Third ARTNeT Consultative Meeting of Policy Makers and Research Institutions, Macao, China.

22- Markusen, J., Rutherford, T. F. & Tarr, D. (2000). “Foreign direct investment in services and the domestic market for expertise”, NBER Working paper 7700.

23- Hong, J., & Chin, A. T. H. (2007). “Modeling the location choices of foreign investments in Chinese logistics industry”, China Economic Review 18, 425–437.

24- Okelly, M. E., & Miller, H. j. (1994). “The Hub Network Design Problem”, Journal of Transport Geography, 2 (1), 31-40.

۲۵- هیلیر فریدریک س. و لیبرمن جرالد ج. (۱۳۸۵) "تحقیق در عملیات، جلد اول، برنامه‌ریزی خطی"، ترجمه محمد مدرس و اردوان آصف وزیری، انتشارات جوان.

۲۶- هیلیر فریدریک س. و لیبرمن جرالد ج. (۱۳۸۵) "تحقیق در عملیات، جلد دوم، برنامه‌ریزی ریاضی"، ترجمه محمد مدرس و اردوان اصف وزیری، انتشارات جوان.

۲۷- سالنامه آماری حمل‌ونقل جاده‌ای ۱۳۸٤، انتشارات سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، ۱۳۸۵.

۲۸- سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، بخش فناوری اطلاعات، ۱۳۸۵