



ارائه مزایا و روشهای بهینه سازی حمل و نقل با استفاده از برنامه ریزی و روشهای ریاضی

میترا سلیمی^۱

چکیده

امروزه با رشد رفاه اجتماعی و توسعه اقتصادی، تقاضای حمل و نقل نیز رشدی روزافزون دارد. بسیاری از کشورها به دنبال دسترسی به ارائه ی خدمات حمل و نقل به قیمت ارزان، می باشند. در این میان بهینه سازی مصرف انرژی در بخش حمل و نقل برای استمرار خدمات ارزان قیمت ترابری و کاهش مصرف سوخت حائز اهمیت می باشد. در این جهت یک راهکار اساسی برای بهینه سازی مصرف انرژی در ترابری کالا و مسافر، طراحی صحیح شبکه های حمل و نقل و ترابری است. طراحی صحیح شبکه های هاب با توجه به کاربرد وسیعی که در عملکرد سیستم های ترابری محصول و شبکه های ارتباطی دارند، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. ابتدا با بررسی جزئیات مساله ی حمل و نقل، محدودیت ها و شرایط موجود شناخته شده و با توجه به نوع کالا و نوع مساله، برنامه ریزی برای کاهش هزینه ها و زمان موجود انجام شود.

تلاش ما در این مقاله بر این است که بهترین روشها و نتایجی که تا کنون در این زمینه بدست آمده، ارائه گردد. در این مطالعه براساس مسیره های مختلف رفت و برگشت، زمان رفت و برگشت، مقدار مسافت پیموده شده در هر مسیر و هزینه های تولید شده در هر مسیر، اقدام به ارزیابی مدلهایی جهت بهینه سازی سیستم حمل و نقل شده است. مدلهای مزبور بصورت خطی و عدد صحیح وجود دارند، که می توان با استفاده از نرم افزارهای مختلف برنامه ریزی خطی عدد صحیح حل نمود و نتایج آن را به صورت مختلف مورد استفاده قرار داد. در این مقاله راهکارهای مفید جهت بدست آوردن بهترین پاسخ ها بیان می شوند. واژه های کلیدی: حمل و نقل، بهینه سازی، برنامه ریزی ریاضی، شبکه های هاب.

مقدمه

امروزه با توجه به روند جهانی شدن، بنگاه های اقتصادی در صدد توسعه ی سطح فعالیت خود می باشند. از طرفی با توجه به گسترش دامنه ی فعالیت ها و نظر به فواصل طولانی بین مبادی و مقاصد، افزایش هزینه ها اجتناب ناپذیر است. به همین دلیل یکی از دغدغه های مدیران و سازمانها کاهش هزینه ها میباشد. یک راهکار اساسی برای کاهش هزینه ها و بهینه سازی مصرف انرژی در ترابری کالا و مسافر، طراحی صحیح شبکه های حمل و نقل و ترابری است. در این جهت روش های برنامه ریزی ریاضی به عنوان ابزاری موثر در مدیریت سیستم ها، فرآیند تصمیم گیری و راهکارهای مناسب در جهت طراحی و برنامه ریزی

¹ salimi2012a@gmail.com دانشجوی کارشناسی ارشد رشته ی تحقیق در عملیات دانشگاه فردوسی مشهد،

به حساب می آیند. طراحی مناسبی از شبکه ها، به عنوان یکی از مسایل مهم در زمینه ی ترابری کالا و مسافر مطرح می باشد. همانگونه که در متن مقاله اشاره خواهد شد باید قبل از حمل و نقل کالاها در صدد کاهش هزینه ها و بهینه سازی برآمد، در این جهت طراحی مناسب شبکه بندی هاب^۲ مطرح می شود. در این ساختار به جای برقراری ارتباط مستقیم میان تمام مبادی و مقاصد، گره های هاب جهت انتقال غیر مستقیم جریان انتخاب می شوند. جریان ها از مبادی مختلف به هاب ها وارد شده و در آنجا دسته بندی و به مقاصد متعدد ارسال می شوند. این شبکه بندی با کاربردهای وسیع خود در حوزه های گوناگون از جمله: مخابره ی اطلاعات، جابجایی مسافر، حمل و نقل کالاها، توزیع مرسولات پستی و نظایر آن، امکان برقراری ارتباطات طولانی تر و کاهش هزینه ها فراهم خواهد کرد. در نهایت با توجه به زمینه های گسترده ی بهینه سازی، از جمله بهینه سازی در زمان یا هزینه یا مسافت و نظایر اینها، شرایط و محدودیت های متفاوت را بررسی کرده و سعی بر ارایه ی ابتکارها و راه حل های کارا می شود.

مساله مکان یابی هاب

هاب ها تسهیلات ویژه ای هستند که در شبکه های توزیع به عنوان واسطه های توزیع عمل می کنند. مساله مکانیابی هاب شامل منطقه بندی تسهیلات (هاب) و تخصیص دهی نقاط مبدأ و مقصد به هاب ها است. در شبکه های هاب، محصولات از چندین مبدأ به هاب ها منتقل می شوند. در آنجا طبقه بندی شده و سپس به مقاصد متعدد ارسال می گردند. هاب ها با متمرکز نمودن جریان دریافتی از گره های تخصیص یافته به آنها، امکان استفاده از ارتباطات طولانی تر، با هزینه انتقال جریان کمتر را فراهم می کنند.

فرمولبندی ها

به دلیل اهمیت زیاد مسایل هاب مطالعات بسیاری در داخل و خارج کشور روی آن انجام شده است. در داخل میتوان به مطالعات سمیه شیری، حسین صوفلو، آیدین زرگری، طالبی، محمدی و نظایر آن اشاره کرد. در خارج نیز میتوان به اولین فرمولبندی برای مسایل هاب توسط hakimi(1964,1965) و goldman(1969) اشاره کرد. هم چنین okelly(1987) مسایل هاب را به صورت برنامه عدد صحیح درجه دوم فرمولبندی کرد. (1994) campbell این مسایل را به صورت برنامه ای مختلط فرمولبندی کرده و مطالعاتی را نیز روی p-هاب مرکز انجام داد. او p-هاب مرکز بدون محدودیت ظرفیت و با تخصیص ساده را به صورت برنامه ریزی درجه دوم تعریف کرد.

Ernst,krishnamoorthy (1998و1996) فرمولبندیهای جدیدی را ارایه کردند. (1998) bryan و Okelly تابع هزینه ی قطعه به قطعه خطی را با مدل تخصیص مرکب منطقه بندی هاب ترکیب کردند و نشان دادند که آن، یک نمایش موثرتری از ساختار هاب می باشد. موارد مشابهی از مطالعات توسط (2000) kara,tansel انجام گرفته است. این مسایل به انواع مختلف تخصیص دهی ساده و مرکب تقسیم و هر کدام با در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت نیز قابل تقسیم بندی می باشند. انواع مختلف مسائل هاب با داشتن محدودیت ظرفیت در مقاله ی (2002) Campbell et al. قابل مشاهده است. مشاهدات اخیر روی این مسایل توسط (2008) Alumur , Kara ارایه شده است. (2009) Sim et al. فرمولهایی را برای مساله ی p-هاب مرکز با تخصیص دهی ساده ارایه کردند. (2010) Contreras et al. روی مساله منطقه بندی هاب بدون محدودیت ظرفیت و با تخصیص مرکب مطالعاتی داشتند.

کاربردها

عده ی زیادی روی کاربردهای بسیار این مسایل مطالعاتی انجام داده اند، از جمله شبکه بندی هاب در زمینه حمل و نقل هوایی توسط Hall (1989) مورد توجه قرار گرفته است. کاربرد در باربری با کامیون توسط powell (1986) و sheffi (1983,1989) مطالعه شده است. در زمینه کاربردی ارسال بسته (1998) O'Kelly و در طراحی شبکه ی سرویس دهی (1989) hall و (1999) crainic مطالعاتی داشته اند. اشخاص دیگری از

² HUB

جمله (1998) hunt و (1994) taha, taylor و (1996) taha در صنعت باربری با کامیون مطالعه‌هایی داشته‌اند. کاربردهای پستی توسط (1996, 1999) Ernst, Krishnamoorthy و (1999) Donaldson مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

(2000) Nickel کاربرد این مسائل را در شبکه‌ی حمل و نقل جمعیت شهری و در زمینه ارسال کالاها از مبدا به مقصد، توسط crainic (2007) و (2001) slack بررسی‌هایی انجام شده است. در حمل و نقل هوایی و با قطار، سیستم ارسال پستی و شبکه‌های مخابرات می‌توانیم مقالات (2001) Campbell, Ernst, Krishnamoorthy و (2008) Alumur, Kara را مشاهده کنیم. مقالات بسیار زیادی وجود دارد که حمل و نقل دریایی یا حرکت و تردد واگن‌ها بوسیله ریل قطار را، مشابه مسایل مسیریابی مورد توجه قرار داده‌اند، از جمله Fügenschuh, Homfeld, Schülldorf (2009). از جمله (2009) Kohani, Marton مدل‌های درجه دوم منطقه بندی هاب، برای طراحی شبکه‌ی حرکت واگن‌های قطار را مورد توجه قرار داده‌اند. (2009) Yang مساله منطقه بندی هاب در باربری هوایی، جایگاه نقاط تقاضا و ضریب کاهش روی خطوط بین هاب تصادفی هستند، را بررسی کرد. (2010a) Correia, Nickel, Saldanha-da-Gama و (2010) Sender, Clausen روی سطوح هاب با تخصیص مرکب و با محدودیت ظرفیت تلاش‌هایی داشته‌اند. و در زمینه سازماندهی خط آهن قطارها (2010) Sender, Clausen بررسی‌هایی انجام داده‌اند.

دسته بندی های مختلف مساله هاب

به طور کلی و با توجه به تحقیقات متعدد صورت گرفته و در جهت آشنایی بیشتر با مسئله هاب می‌توان گفت: این مساله به طور عمده به چهار دسته تقسیم بندی میشوند: 1-p - هاب میانه (p-hub median)، 2-p - هاب مرکز (p-hub center)، 3- پوشش هاب (hub covering)، 4- تخصیص هاب در حالت بدون ظرفیت (uncapacitated hub location problem). در p- هاب میانه، هدف منطقه بندی تعداد p هاب در شبکه است، بطوریکه کل هزینه‌ی انتقال جریان در شبکه مینیمم شود. در p- هاب مرکز، هدف پیدا کردن منطقه بهینه p هاب و تخصیص گره‌های غیر هاب به هاب‌ها است، بطوریکه طولانی‌ترین مسیر در شبکه مینیمم شود. در پوشش هاب تعداد هاب‌ها داده نشده است و هدف پیدا کردن بهترین منطقه‌ی هاب‌ها در شبکه و تخصیص گره‌ها به هاب‌هاست بطوریکه کل هزینه‌ی منطقه بندی هاب‌ها مینیمم شود. در تخصیص دهی بدون ظرفیت هاب، تعداد هاب‌ها معین نیستند و هزینه‌ی ثابتی به هر منطقه احتمالی هاب تعلق دارد.

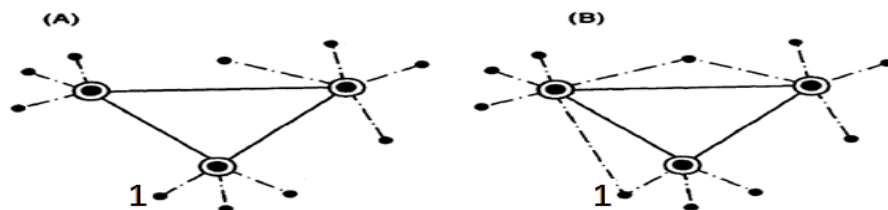
این مسایل به دو شکل عمده بیان می‌شوند: تخصیص دهی ساده و تخصیص دهی مرکب. در این شبکه بندی معمولاً فرض بر این است که ارتباط مستقیم بین مبادی و مقاصد وجود ندارد. بنابراین هر انتقال باید از طریق حداقل یک هاب انجام بگیرد. معمولاً در هر مسیر انتقال کالا یک یا دو هاب می‌تواند وجود داشته باشد.

محدودیت ظرفیت را نیز می‌توان برای جریان ورودی یا خروجی به هاب‌ها و یا برای جریان منتقل شده روی خطوط در نظر گرفت. هر مسیر مبدأ به مقصد شامل سه مؤلفه است: جریان از مبدأ به اولین هاب، انتقال جریان بین هاب اول و آخرین هاب، توزیع جریان از آخرین هاب به مقصد. هم‌چنین برای کاهش هزینه‌های بین هاب‌ها می‌توان ضریبی (α) بین صفر و یک در نظر گرفت.

به عنوان توضیحات تکمیلی راجع به این مسایل باید اشاره نمود که هر چهار دسته‌ای که در بالا ذکر شد به دو بخش عمده تقسیم می‌شوند: تخصیص ساده و تخصیص دهی مرکب. در تخصیص دهی ساده، هر مبدأ و مقصد فقط می‌تواند به یک هاب متصل شود (Ernst, 1996; Okelly, 1987) (شکل A). در حالیکه در تخصیص دهی مرکب (Ernst, 1998) امکان تخصیص دهی هر گره غیر هاب به چندین هاب ممکن می‌باشد (شکل B). از طرفی در این شبکه بندی، هاب‌ها می‌توانند مانند یک گراف کامل به هم متصل شوند (Aykin, 1998; Campbell, 1996; Campbell, 2002). بعضی مطالعات روی شبکه بندی ناکامل هاب‌ها انجام شده است

(Alumur, 2009; Campbell, 2005; Contreras, 2009a; Contreras, 2010; Nickel, 2001; Yaman, 2008). مسایل منطقه بندی هاب می‌توانند

دسته بندی شوند به عنوان یک مساله بدون ظرفیت یا با محدودیت ظرفیت، که محدودیتی برای جریان انتقالی در شبکه در نظر گرفته میشود. این محدودسازی میتواند برای گره های هاب یا خطوط انتقال در نظر گرفته شود (Campbell, 2002). ظرفیت روی گره های هاب میتواند کل جریان ورودی یا خروجی هر هاب را محدود کند (Ebery, 2000; Ernst, 1999; Aykin, 1994).



در این شکل دواپر بزرگ، هاب ها و دواپر کوچک، گره های غیر هاب می باشند. (A) تخصیص دهی ساده است و هر گره غیر هاب فقط به یک هاب متصل شده است (مثلا شهر 1). (B) تخصیص دهی مرکب است و هر گره غیر هاب میتواند به چندین هاب متصل شود (مثلا شهر 1 که به دو هاب متصل شده است).

مساله ی حمل و نقل؛ محدودیت ها و امکانات

با توجه به تعریف اجمالی از این نوع شبکه بندی و انواع آن، باید به بررسی مساله ی حمل و نقل موجود و محدودیت ها و امکانات موجود پردازیم. ابتدا باید بررسی شود در مساله ی حمل و نقل موجود، هدف بهینه سازی کدام ضابطه است. آیا قصد داریم کل هزینه ی حمل و نقل را کاهش دهیم یا به دنبال کاهش دادن فواصل طولانی هستیم. آیا محدودیتی در میزان کالای انتقالی به شهرهای واسطه (به عنوان هاب) وجود دارد یا هر میزان دلخواه میتوان کالا فرستاد. آیا در نظر گرفتن شهرهای واسطه هزینه ای به دنبال خواهد داشت. آیا تعداد شهرهای واسطه تعیین شده است یا نامشخص است. آیا امکان اتصال مبدا و مقصد به چندین شهر واسطه وجود دارد یا هر مبدا و مقصد فقط می تواند به یک واسطه متصل شود. بعد از پاسخ به این سوالات، به بررسی بهترین ابتکارهای ارایه شده برای بدست آوردن مناسب ترین مسیر انتقال کالا برای هر زیر مساله می پردازیم.

پس ابتدا باید مساله ی حمل و نقل را در نظر بگیریم. مبادی و مقاصد و شهرهایی که می توانند به عنوان واسطه یا خدمات رسانی در این انتقال بکاربرده شوند، مشخص شوند. هزینه های انتقال در هر مسیر جداگانه بیان شود. محدودیت هایی که در میزان جریان ورودی یا خروجی به هر شهر یا محدودیت جریان روی خطوط هر مسیر وجود دارد، ذکر شود. با توجه به دانستن جزئیات مساله باید بررسی شود که به کدام دسته از شبکه بندی هاب نیازمندیم.

الف) p – هاب میانه

اگر در حمل و نقل کالا قصد داریم کل هزینه ی انتقال را کاهش دهیم، از مساله ی p- هاب میانه استفاده میکنیم که فرمولبندی تابع هدف آن بیان شده است و در آن جریان از مبدا i به مقصد j از طریق دو هاب k و m مسیر بندی می شود. محدودیت های فرمولبندی (Campbell(1991)، مشابه محدودیت هایی که برای ما وجود دارد، فرمولبندی می شود.

$$\text{Min } \sum_i \sum_j \sum_k \sum_m W_{ij} X_{ijkm} (C_{ik} + \alpha C_{km} + C_{mj})$$

در این فرمولبندی متغیرهای زیر به کار رفته است.

W_{ij} : جریان انتقالی از مبدا i به مقصد j

X_{ijkm} : کسری از جریان از مبدا i به مقصد j که از طریق دو هاب k و m مسیر بندی شده اند.

α : ضریب کاهش بین هاب ها

C_{ik} : هزینه ی هر واحد جریان انتقالی روی خطوط مسیر

باید نوع تخصیص دهی ساده یا مرکب را مشخص کرد، به عبارت دیگر برای انتقال کالا، هر شهر مبدا و یا مقصد مجازند به چندین هاب (شهر واسطه) متصل شوند (تخصیص مرکب)، یا هر یک فقط میتوانند به یک هاب متصل شوند (تخصیص ساده). هم چنین می توان این مساله را با در نظر گرفتن محدودیت در جریان انتقالی و یا در جریان ورودی یا خروجی و یا با در نظر گرفتن هزینه ی ثابت برای شهر های واسطه، جزئی تر بررسی کرد که برای حالات مختلف فرمولبندی هایی ارائه شده است. فرمولبندی ها به صورت خطی، درجه دوم و مختلط ارائه شده اند (Aleksandar,2010; Ebery,2001; ; Campbell,1996,1994; Krishnamoorthy,1996; SkorinKapov,1996;).

بررسی بهترین ابتکارها برای بدست آوردن مناسب ترین مسیر انتقال در p - هاب میانه

با توجه به توضیحاتی که از نظر گذشت، حال به دنبال یافتن ابتکاری برای بدست آوردن بهترین جواب ممکن و در نتیجه انتخاب مناسب ترین راههای انتقال کالا هستیم. تا کنون ابتکارهای زیادی برای حل هر چه دقیق تر مساله ی p -هاب میانه مورد توجه قرار گرفته است. ابتکارهای HEUR1, HEUR2 توسط Okelly (1987)، ابتکار سرد سازی تدریجی (Ernst, Krishnamoorthy (1996)، الگوریتم شاخه و کران (Ernst, Krishnamoorthy (1998)، جستجوی ممنوع (Skorin-Kapov (1994)، ابتکار ترکیبی از دو ابتکار (Perez-Perez et al (2004,2007)، دو الگوریتم ژنتیک Kratica (2007)، ابتکار کاهش همسایگی متغیر (Wolf, Merz (2007)، جستجوی عمومی همسایگی متغیر (Hansen (2001,2003,2008) و نظایر آن ارائه شده اند. طبق محاسباتی که انجام شده ابتکار جستجوی عمومی همسایگی متغیر (Aleksandar (2010) نسبت به ابتکارهایی که در بالا ذکر شد، به جوابهای دقیق تری دست یافته است. پس ما بر آنیم که برای بهینه سازی مساله ی حمل و نقلی که هدف کاهش کل هزینه ی انتقال است، از این ابتکار استفاده کنیم.

(ب) p -هاب مرکز

اگر در مساله ی حمل و نقل مورد بررسی هدف کاهش بیشترین فواصلی است که در طول مسیر انتقال وجود دارند، میتوان از مساله ی p -هاب مرکز کمک گرفت. این مساله فرمولبندی های متفاوت دارد. از جمله در نمونه تابع هدف زیر، کاهش بیشترین فاصله ها از مبدا به مقصد مورد توجه است.

$$\text{Min max}_{i,j,k,m} \{X_{ijkm} (C_{ik} + \alpha C_{km} + C_{mj})\}$$

اگر هر کدام از خطوط در یک مسیر مبدا به مقصد بطور مجزا در نظر گرفته شوند، فرمولبندی دیگری را می توان ارائه کرد. با توجه به اینکه هر مسیر مبدا به مقصد حداکثر سه خط دارد: مبدا به هاب، هاب به هاب دیگر، هاب انتهایی به مقصد. این فرمولبندی بیشترین هزینه برای حرکت روی هر خط مجزا را مینیمم می کند. این نوع در سیستم های حمل و نقل جایگاه هزینه به زمان بر می گردد و بیشترین زمان برای هر خط مهم است، کاربرد دارد.

$$\text{Min max}_{i,j,k,m} \{ \max(C_{ik} + \alpha C_{km} + C_{mj}) X_{ijkm} \}$$

این مساله برای سیستم های توزیع دارای حساسیت زمانی و یا گارانتی زمانی از جمله سرویس های اورژانس حائز اهمیت است. بیشترین فاصله نشان دهنده ی حداکثر زمانبست که ارائه ی خدمات به تمام مشتریها یا ارسال کالا به تمام مقاصد را تضمین می کند. کاهش دادن این زمان تا جایی که امکان پذیر

است، به صرفه ی اقتصادی است. در این مساله نیز همانند p-هاب میانه نوع تخصیص دهی، محدودیت های جریان و سایر جزئیات را مشخص می کنیم. فرمولبندیهای مختلفی ارائه شده نظیر Meyer,2009;Sim,2009;Ernst,2009; Campbell,2007;Kara,2000 .

بررسی بهترین ابتکارها در p - هاب مرکز

برای یافتن جواب های هر چه دقیق تر این مساله تلاشهای زیادی انجام گرفته که الگوریتم شاخه و کران Ernst,Krishnamoorthy (1998) و ابتکار جستجوی ممنوع (2001) Pamuk و ابتکار Ernst,Krishnamoorthy (2002,2008) و الگوریتم ژنتیک (2006) Kratica و ابتکار Hamacher,Meyer (2006) و ابتکارهای Gavriliouk (2008) و Sim (2009) از جمله ی آنها می باشد. با استفاده از این ابتکارها میتوان ماکزیمم مسافت در مسیرها را کاهش داد.

ج) پوشش هاب

در مساله ی پوشش هاب هدف پیدا کردن کمترین تعداد هاب است. در این مساله می خواهیم تعداد و مکان هاب ها را مشخص کنیم و گره های غیر هاب را به هاب ها تخصیص دهیم بطوریکه کل تقاضاها برآورده شود و کل هزینه ثابت هاب ها مینیمم شود

$$\text{Min } \sum_k F_k Y_k$$

که در این تابع هدف، F_k هزینه ی ثابتی است که برای هر هاب وجود دارد و Y_k محدودیتی است که اگر هاب k در نظر گرفته شود آنرا یک لحاظ می کنیم و در غیر این صورت آنرا صفر در نظر می گیریم. اگر هزینه برای پوشاندن مسیری بیشتر از بودجه ی ممکن باشد، باید آن مسیر اصلاح یا رها سازی شود. در شکلی دیگر از فرمولبندی تابع هدف مقدار جریمه ای (P_{ij}) را نیز برای پوشانده نشدن هر مسیر و به عبارتی تامین نشدن هر تقاضا در نظر می گیریم. U_{ij} محدودیتی است که اگر مسیر i به j پوشانده نشود، آنرا یک لحاظ می کنیم و در غیر این صورت آنرا صفر در نظر می گیریم. این فرمولبندی مشابه Tamir,Kolen(1990)، به صورت زیر می باشد.

$$\text{Min } \sum_k F_k Y_k + \sum_i \sum_j P_{ij} U_{ij}$$

فرمولبندیهای مختلف دیگری توسط Ernst(2002,2005) و Kara,Tansel (2003) و Hamacher و Wagner (2004) و (2006) Tan,Kara (2007) و Sim (2007) ارائه شده اند. افرادی مانند Alumur,Kara (2007) کاربرد این مساله را در انتقال محموله ی دریایی در ترکیه بررسی کردند. هر چند به خاطر ساختار جغرافیایی ترکیه در هر مسیر فقط از سه هاب میتوان استفاده کرد و در مدلبندی آنها تقاضا از مبدا به مقصد، محدودیت زمانی دارد و زمان انتظار در هر هاب در نظر گرفته شده است. این مساله با هدف مینیمم کردن هزینه های ثابت برای هر هاب و هزینه های بوجود آمده در خطوط هر مسیر مورد حل قرار گرفت.

بررسی ابتکارهای ارائه شده برای مساله پوشش هاب

ابتکارهای زیادی وجود دارند که هر یک مساله را در حالت خاصی بررسی می کنند. با استفاده از ابتکاری مناسب در حل مساله می توان بهترین مسیرها را برای انتقال مشخص کرد. از جمله (2009) Calik ابتکار جستجوی ممنوع را توسعه داده است و (2009) Alumur ابتکاری برای حل مسایل با شبکه بندی غیرکامل هاب ارائه کرده و (2009) Weng و (2011) Karimi ابتکارهایی ارائه کردند. (2011) Mohammadi الگوریتم رقابت امپریالیسم را بر اساس استعمار کشورها و قدرت استعمار بیان کرد، که در آن محدودیت زمانی برای میزان جریان دریافتی توسط هاب ها وجود دارد و هدف

کاهش زمان سرویس دهی در هاب هاست. زمان سرویس دهی در هاب ها شامل زمان انتظار برای دریافت جریان در یک صف انتظار و زمان لازم برای بدست آوردن سرویس ها می باشد.

د) تخصیص دهی هاب در حالت بدون ظرفیت

در مساله ی تخصیص دهی هاب در حالت بدون ظرفیت تعداد هاب ها معین نیستند و هزینه ی ثابتی به هر منطقه ی احتمالی هاب تعلق می گیرد. هدف کاهش مجموع هزینه های انتقال و هزینه های ثابت هر هاب می باشد. فرمولبندی هایی توسط (Klincewics (1996 و Boland et al (2004) و Hamacher (2004) و Marin (2006) ارائه شده است. Campbell(1994) فرمولبندی زیر را ارائه کرد.

$$\sum_k F_k Y_k + \text{Min} \quad \sum_i \sum_j \sum_k \sum_m W_{ij} X_{ijkm} (C_{ik} + \alpha C_{km} + C_{mj})$$

ابتکارهای ارائه شده برای مساله ی تخصیص دهی هاب در حالت بدون ظرفیت

در تخصیص دهی ساده: (Abdinnour-Helm , Venkataramanan (1998) الگوریتم شاخه و کران و الگوریتم ژنتیک ، Aykin (1998) الگوریتم شاخه و کران و سردسازی تدریجی ، ابتکار ترکیبی توسط (Abdinnour-Helm (1998 ، روند سردسازی تدریجی و الگوریتم ژنتیک توسط (Topcoughlu et al (2005 و در تخصیص دهی مرکب: (Klincewicz(1996 از تکنیک دوگان به همراه روند شاخه و کران و ابتکارهای دیگری توسط (Aykin (1994 و (O'Kelly and Miller (1994 و (Bryan(1998 و (Bryan and O'Kelly(1999 و Campbell (2002) انجام گرفته است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

برای بهبود در امر حمل و نقل باید از راه حل‌هایی کارا جهت بدست آوردن مسیرهای مناسب رفت و برگشتی، مقدار کالای انتقالی، هزینه ها و زمان کافی استفاده کرد. استفاده از ابتکارهای ریاضی جهت بهینه سازی مساله ی حمل و نقل، در پیشرفت کشورها و افزایش تعاملات نقش به سزایی پیدا کرده است که در این میان انتخاب محدودیت های مناسب برای مسایل مختلف حمل و نقل جایگاهی ویژه دارد. در جهت دستیابی به ابتکارهای ریاضی جهت بهینه سازی مساله ی حمل و نقل، فرمولبندیهای ریاضی با شکلهای متفاوتی از تابع هدف ها و محدودیت ها به کمک ما می آیند. این فرمولبندیها که به صورت های مختلف عدد صحیح و درجه دوم ارائه شده اند، با استفاده از نرم افزارهای مختلف برنامه ریزی خطی عدد صحیح قابل حل می باشند.

در نهایت بهترین ابتکارها برای بهتر کردن و بالا بردن دقت پاسخ ها و تسریع در رسیدن به جواب ارائه می گردد. بنابر این رویکرد استفاده از ابتکاری مناسب، موجب ارتقاء بخش انرژی و ترابری شده و بر اقتصاد ملی موثر می باشد و سازگاری مطلوبی با اهداف توسعه دارد. لذا باید تمامی مسئولان، متصدیان و دست اندرکاران امر حمل و نقل با ابزار برنامه ریزی ریاضی و تکنیک های تخصصی آن در زمینه حمل و نقل آشنا شده و از ابتکارهای مفید ریاضی جهت بهینه سازی در ترابری کالا و مسافر استفاده کنند تا مشکلات فرا روی آن رفع شود.

به منظور گسترش در امر ترابری کالا و مسافر پیشنهاد ها و راهکارهای زیر مطرح می شود:

1- بهبود در برنامه ریزی در مورد ترابری کالا و مسافر

2- مشخص کردن جزئیات، محدودیت ها و امکانات مساله ی حمل و نقل مورد نظر

3- استفاده از مدل مناسب برنامه ریزی ریاضی در جهت فرمولبندی صحیح مساله ترابری

4- استفاده از ابتکاری مناسب در جهت مشخص کردن بهترین مسیرها و میزان کالای انتقالی

5- همکاری مدیران ترابری با طراحان مدل‌های ریاضی و بهره گرفتن از توان تخصصی آنها

منابع و مأخذ:

- [1] Campbell J.F (1991). Hub location problems and the p-hub median problem. Center for business and industrial studies working Paper, University of Missouri-St.
- [2] Campbell J. F (1994). Integer programming formulations of discrete hub location problems. *European journal of operational research* , 387–405.
- [3] Campbell J. F (1996). Hub location and the p-hub median problem. *Operations reSearch* , 923–935.
- [4] Campbell J. F, Ernst A.T, Krishnamoorthy M. Hub location problems.
- [5] Campbell J. F, Ernst A.T, Krishnamoorthy M (2005). Hub arc location problems: Part II formulations and optimal algorithms. *Management Science* , 1556–1571.
- [6] Ernst A.T , Krishnamoorthy M (1996). Efficient algorithms for the uncapacitated single allocation p-hub median problem. *Location science* ,130–154.
- [7] Ernst A.T , Krishnamoorthy M (1998). An exact solution approach based on shortest-paths for p-hub median problem. *Inform journal of computing* , 149–162.
- [8] Hansen P, Mladenovic´ N (2001). Variable neighborhood search: Principles and applications. *European Journal of Operational Research* , 449–467.
- [9] Jeng-Fung (2007). A hybrid heuristic for the uncapacitated single allocation hub location problem. *The international journal of Management science*.
- [10] Kara B.Y, Tansel B.C (1999). On the single-assignment p-hub covering problem, Technical report. Department of Industrial Engineering.
- [11] Klincewicz J.G (1991). Heuristics for the p-hub location problem. *European Journal of Operational Research* , 25–37.
- [12] Kratica J, Stanimirovic Z (2006). Solving the uncapacitated multiple allocation p-hub center problem by genetic algorithm. *AsiaPacific journal of operational research* 23 .
- [13] Okelly M.E (1996). Hub network design with single and multiple allocation : a computational study.
- [14] Marin A , Canovas L (2006) . New formulations for the uncapacitated multiple allocation hub location problem.

[15] Meyer T, Ernst A.T, Krishnamoorthy M (2009). A 2-phase algorithm for solving the single allocation p-hub center problem. *Computers and operations research* , 3143–3151.

[16] Perez M, Almeida F, Moreno Vega J.M (2000). Genetic algorithm with multistart search for the p-hub median problem. *Proceedings of the 24th EUROMICRO Conference EUROMICRO'98, IEEE Computer Society* ,702–707.

[17] Wolf S, Merz P (2007). Evolutionary local search for the super-peer selection problem and the p-hub median problem.