بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی صنایع

پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد

مهندسی صنایع-صنایع

عنوان

ارایه مدل ریاضی چندهدفه برای مسأله مکان‌یابی هاب پوششی تحت شرایط عدم قطعیت

نگارش

سید حسین نیکوکلام مظفر

استادان راهنما

دکتر بهزاد اشجری – دکتر رضا توکلی مقدم

شهریور ۱۳۹۲

به نام خدا

تعهدنامه اصالت اثر

تاریخ:

اینجانب سید حسین نیکوکلام مظفر متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی اساتید دانشگاه تفرش بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است مطابق مقررات و روال متعارف ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است.

در صورت اثبات تخلف در هر زمان، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان نامه متعلق به دانشگاه تفرش می‌باشد. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه تفرش ممنوع است.

نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

نام و نام خانوادگی دانشجو

امضا

تقدیم به :

مادرم بخاطر تمام مهربانی‌ها و تمام زحمات که بعد از فوت پدرم و در نبود ایشان متقبل شده اند.

تشکر و قدردانی :

از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر بهزاد اشجری و جناب آقای دکتر رضا توکلی مقدم به پاس تمام زحمات و راهنمایی‌هایشان که در هدایت و به ثمر رسیدن این تحقیق به کار بستند و همچنین جناب آقای مهندس مهرداد محمدی و سرکار خانم مهندس آیدا امیدوار به پاس تمام همکاری‌ها و حمایت‌های بی دریغشان.

چکیده

مسایل مکان‌یابی هاب یکی از موضوعات مطرح در مهندسی صنایع و یکی از مهمترین شاخه‌های حمل ونقل است که کاربرد وسیعی در حوزه‌های استراتژیک مانند سیستم‌های حمل و نقل ، سیستم‌های پستی و شبکه-های ارتباطی دارد. استفاده از هاب‌ها در شبکه توزیع باعث کاهش هزینه‌های انتقال جریان در شبکه شده و در نتیجه بهره‌وری سیستم را افزایش می‌دهد. در شبکه‌های هاب، جریان در گره‌های هاب متمرکز شده وسپس به مقاصد منتقل می‌شود و به عبارت دیگر هاب‌ها واسطهای شبکه می‌باشند بنابراین شاید بتوان گفت هاب‌ها همانند قلب شبکه هستند که تصمیم‌گیری درباره مکان آنها می‌تواند در آینده سیستم اثرگذار باشد و یک راهکار اساسی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و زمان در حمل و نقل کالا و مسافر ، طراحی صحیح شبکه‌های حمل و نقل می‌باشد.

در این پایان‌نامه ، به بررسی مسأله مکان‌یابی هاب پوششی چند هدفه با تخصیص تکی که تابع هدف اول آن کمینه کردن مجموع هزینه تاسیس و ایجاد ظرفیت برای هاب‌ها و هزینه انتقال جریان بین گره‌هاست و تابع هدف دوم کمینه کردن بیشینه زمان انتقال بین دو گره می‌باشد و در شرایطی که پارامتر جریان و زمان انتقال بین دو گره غیرقطعی است، جهت مدلسازی آن از رویکرد محدودیت احتمالی استفاده شده است و برای ایجاد ظرفیت برای هابها هزینه متغیر در نظر گرفته شده است. مدل دوم ارائه شده در این پایان نامه مدل ترکیبی مکان‌یابی هاب و تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد که در آن افزایش کارایی هاب‌های انتخاب شده نیز به عنوان معیاری برای انتخاب هاب‌ها در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه با یک مسأله سخت[۱] مواجه هستیم و اینکه تابع هدف مدل چند هدفه می‌باشد، با ارایه یک الگوریتم بر مبنای بهینه‌سازی علف هرز در حالت گسسته به حل مسأله پرداخته شده است. جهت بررسی الگوریتم به حل مسائل در ابعاد مختلف پرداخته و نتایج بدست آمده با NSGA-II با چهار شاخص کیفیت ، فاصله از نقطه ایده آل ، فاصله و گوناگونی مقایسه شد، نتایج حاصل از حل مسائل با ابعاد مختلف نشان‌دهنده عملکرد خوب الگوریتم است به طوریکه می‌توان با استفاده از این روش در یک زمان قابل قبول، جوابی با کیفیت مناسب بدست آورد.

کلمات کلیدی :

مسأله مکان‌یابی هاب پوششی، بهینه سازی چند هدفه، محدودیت احتمالی، الگوریتم فراابتکاری علف هرز[۲]

۱ -NP-hard

۲ - Invasive weed

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

پیش گفتار ..... خ

فصل اول : کلیات تحقیق ۱

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲- مروری بر مفهوم هاب ۳

۱-۳-مروری بر ساختار شبکه ۵

۱-۳-۱- شبکه ستاره- ستاره ۵

۱-۳-۲- شبکه درخت ستاره ۶

۱-۳-۳- شبکه ارتباط کامل- ستاره ۶

۱-۳-۴- شبکه حلقوی ۷

۱-۴- مرور مسأله ۷

۱-۵- طبقه بندی مدل‌های مکانیابی هاب ۹

۱-۵-۱- طبقه‌بندی مدلهای مکانیابی هاب از لحاظ نوع تخصیص ۱۰

۱-۵-۲- طبقه‌بندی مدلهای مکانیابی هاب از لحاظ ظرفیت ۱۱

۱-۵-۳- طبقه‌بندی مدلهای مکانیابی هاب براساس اهداف ۱۱

۱-۶- خصوصیات شبکه‌های هاب ۱۴

۱-۶-۱- مزایا ۱۴

۱-۶-۲- معایب ۱۵

۱-۷- بهینه سازی در شرایط غیر قطعی ۱۶

۱-۷-۱- مروری بر رویکردهای احتمالی ۱۶

۱-۷-۲- محدودیت احتمالی ۱۷

۱-۷-۳- برنامه‌ریزی احتمالی دو مرحله ای ۱۷

۱-۸- اهداف تحقیق ۲۰

۱-۹- روش تحقیق ۲۱

۱-۱۰- جمع بندی ۲۱

فصل دوم : مروری بر ادبیات و پیشینه تحقیق ۲۲

عنوان | فهرست مطالب | صفحه

۲-۱- مقدمه ۲۳
۲-۲- مروری در زمینه مکانیابی هاب ۲۳
۲-۲-۱- مطالعات انجام گرفته در زمینه مکانیابی هاب میانه ۲۵
۲-۲-۲- مطالعات انجام گرفته در زمینه مکانیابی هاب با هزینه‌های ثابت ۳۳
۲-۲-۳- مطالعات انجام گرفته در زمینه مکانیابی هاب مرکز ۳۷
۲-۲-۴- مطالعات انجام گرفته در زمینه مکانیابی هاب پوششی ۴۳
۲-۲-۵- مروری بر مطالعات انجام گرفته در زمینه مکانیابی در شرایط عدم قطعیت ۴۵
۲-۳- روش‌های حل و بهینه سازی ۴۷
۲-۳-۱- الگوریتم‌های ابتکاری ۴۸
۲-۳-۲- الگوریتم‌های فرا ابتکاری ۴۸
۲-۳-۳-الگوریتم‌های تکاملی ۴۹
۲-۳-۴-الگوریتم ژنتیک ۵۰
۲-۳-۵- علف هرز ۵۸
۲-۴- بهینه سازی چند هدفه ۶۵
۲-۵- تفاوت‌های بهینه‌سازی چندهدفه با تک‌هدفه ۶۶
۲-۶- روشهای کلاسیک برای حل مسائل چندهدفه ۶۸
۲-۷- نارسایی‌های روشهای کلاسیک ۶۹
۲-۸- الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه ۶۹
۲-۹- جمع بندی ۷۱
فصل سوم: مدل‌سازی و روش حل پیشنهادی ۷۲
۳-۱-مقدمه ۷۳
۳-۲- فرضیات مساله ۷۳
۳-۳- تعریف مسأله ۷۴
۳-۳-۱-مدل با محدودیت‌های احتمالی ۷۴
۳-۳-۲- مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها ۸۰
۳-۴- روش حل ۸۴

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

۳-۴-۱- روشهای حل دقیق، ابتکاری و فرا ابتکاری ۸۴
۳-۴-۲- بهینه سازی چند هدفه ۸۵
۳-۴-۳- بهینه سازی علف هرز ۸۷
۳-۴-۴- بهینه سازی چند هدفه گسسته احتمالی علف هرز ۸۹
۳-۵- جمع بندی :..... ۹۴
فصل چهارم: نتایج محاسباتی..... ۹۵
۴-۱-مقدمه..... ۹۶
۴-۲- الگوریتم *NSGA-II*..... ۹۶
۴-۲-۱- مزایا و معایب الگورتیم *NSGA-II*..... ۹۸
۴-۳- تنظیم پارامترها..... ۹۹
۴-۴- شاخص‌های مقایسه..... ۱۰۱
۴-۵-نتایج حل عددی..... ۱۰۳
۴-۵-۱-نتایج مدل با محدودیت احتمالی ۱۰۳
۴-۵-۲- نتایج مدل ترکیبی مکان یابی با *DEA*..... ۱۰۷
فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادهای آتی..... ۱۱۱
۵-۱-نتیجه گیری ۱۱۲
۵-۲- پیشنهادهای آتی..... ۱۱۳
منابع ۱۱۴

پیش گفتار

مسأله مکان‌یابی تسهیلات یکی از مباحث مهم در مهندسی صنایع است و از جمله موضوعاتی است که باید در مراحل اولیه طراحی سیستم‌های صنعتی مورد توجه قرار گیرد. انتخاب یک مکان مناسب برای یک مرکز تسهیلات می‌تواند عامل مهمی در موفقیت آن باشد. مسأله مکان‌یابی هاب[1] به عنوان زیر شاخه‌ای از مسایل مکان‌یابی محسوب می‌شود که بر هدفمند نمودن چگونگی توزیع جریان در شبکه‌های توزیع مختلف متمرکز است. اینگونه مسایل نیز همانند مسایل مکان‌یابی تسهیلات در شاخه‌هایی چون مسایل مکان‌یابی هاب میانه، مرکز و پوششی تقسیم می‌شوند که تفاوت آنها در نوع هدفی است که دنبال می‌کنند. این مسایل از جمله مسایل کاربردی در صنایع مهم و استراتژیک هستند و تاکنون مطالعات بسیاری درباره این مسأله و کاربرد آن در عرصه‌های مختلف چون حمل و نقل (زمینی، هوایی و دریایی)، شبکه‌های ارتباطی و کامپیوتری مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین مطالعات موردی متفاوتی در زمینه‌های مختلف انجام گرفته و در سطح عملی نتایج بدست آمده از حل مسایل در زمینه‌هایی چون حمل و نقل هوایی بار و مسافر، بارکشی دریایی، تحویل بسته‌های پستی در زمان کوتاه، خدمات فوری و شبکه‌های مخابراتی استفاده شده است. به طور کلی همواره در هر سیستم توزیع، کاهش دو فاکتور هزینه و زمان انتقال از جمله کلیدی‌ترین اهداف سیستم است. در سیستم‌های توزیع، بهبود ساختار شبکه در راستای کاهش هزینه و زمان توزیع نقش مهمی در بالا رفتن کارایی آن سیستم دارد. هاب‌ها تسهیلات ویژه‌ای هستند که به عنوان نقاط تبادل در سیستم‌های توزیع به کار می‌روند.

در واقع در سیستم‌های هاب به دلیل بهبود در چگونگی تخصیص گره‌ها و صرفه‌جویی ناشی از استفاده هاب، هزینه (زمان) انتقال کاهش می‌یابد و باعث افزایش بهره‌وری سیستم می‌شود. در شرایط واقعی اکثر پارامترهای مساله غیر قطعی است. امروزه بهینه‌سازی غیر قطعی به عنوان یکی از موضوعات مطرح در زمینه-های مختلف است زیرا توانایی بیشتری در تحلیل واقعیت‌ها خواهد داشت. مدلسازی‌های مختلفی جهت در نظر گرفتن پارامترهای غیر قطعی در مسایل وجود دارد. یکی از آنها مدلسازی احتمالی است. با استفاده از رویکردهای احتمالی می‌توان شرایط واقعی را بهتر شبیه‌سازی نمود. در این تحقیق مسأله مکان‌یابی هاب پوششی در شرایطی که پارامتر تقاضا یا جریان زمان سفر بین گره‌ها غیر قطعی است مورد بررسی قرار گرفته است.

---

[1] - Hub

این تحقیق شامل ۵ فصل است که در فصل اول، ابتدا کلیاتی از پایان نامه ، تعریف مساله ، تاریخچه و کاربردهای مکانیابی هاب بیان شده است.

در فصل دوم مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه هاب و انواع مسایل مکان‌یابی هاب ارائه شده است. در فصل سوم ابتدا به توضیح مدل احتمالی محدودیت احتمالی[۱] و مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها[۲] پرداخته و با جزئیات موضوع کاملاً آشنا شده و سپس روش حل پیشنهادی ارایه شده برای حل مسأله مورد بررسی قرار گرفته است. فصل چهارم نتایج محاسباتی و در نهایت در فصل پنجم ضمن بیان خلاصه‌ای از کل مباحث مورد بررسی در تحقیق به نتیجه‌گیری پرداخته و پیشنهادهایی نیز برای تحقیقات آتی درباره این موضوع ارایه شده است.

[۱] - Chance Constraint

[۲] - Data Envelopment Analysis

فصل اول :

کلیات تحقیق

۱-۱-مقدمه

افزایش تقاضای حمل و نقل با رشد و رفاه اجتماعی و توسعه اقتصادی ، اجتناب ناپذیر است. همچنین ارائه خدمات حمل ونقل به قیمت ارزان ، منافع متعددی را در توسعه کشورها دارد. بنابراین بهینه سازی مصرف انرژی در بخش حمل ونقل برای انجام خدمت ارزان قیمت حمل و نقل و کاهش مصرف سوخت لازم می‌باشد. یک راهکار اساسی برای بهینه سازی مصرف انرژی در ترابری کالا و مسافر ، طراحی صحیح شبکه‌های حمل و نقل و ترابری می‌باشد . مساله مکانیابی هاب‌ها (میانجی‌های توزیع) با هدف طراحی انواع شبکه‌های توزیع مطرح می‌باشد که در آن به جای سرویس دهی هر جفت مبدأ[۱]- مقصد[۲] به طور مستقیم ، تسهیلات هاب جریان‌ها را به منظور در نظر گرفتن معیارها و مزیت‌های اقتصادی متمرکز می‌کند ، به عبارت دیگر هاب‌ها تسهیلات ویژه‌ای هستند که در شبکه‌های توزیع به عنوان میانجی‌های توزیع عمل میکنند. جریان‌ها از تعدادی مبدأ با مقاصد مختلف روی مسیرهایشان به هاب ، یکی شده و با جریان‌هایی که مبدأهای متفاوت اما مقصد یکسان دارند ترکیب شده اند ، در واقع عمل یکپارچه سازی انجام می‌شود.

شبکه‌ای از گره‌ها و کمانها را در نظر بگیرید هر گره معرف میزان تقاضایی منحصر بفرد و مثبت است و هر کمان میتواند معرف مسافتی باشد که بین دو گره منظور میگردد. جریان‌هایی از مبدأهای یکسان به مقاصد متفاوت با توجه به مسیر آن‌ها به هاب مورد نظر ورود پیدا کرده و با جریان‌هایی از مبادی مختلف با مقاصد یکسان ترکیب می‌شوند و ارسال صورت میگیرد در این شرایط عمل یکپارچه سازی در مسیرها از مبدا به هاب و از هاب به مقصد انجام می‌گیرد. محصولات در هاب‌ها جمع آوری ، طبقه بندی ، بارگیری و توزیع می‌شوند. در چنین شبکه‌های توزیع به جای ارتباط مستقیم بین هر جفت مبدأ و مقصد ، جریان‌ها از یک مبدا با مقاصد متفاوت جمع می‌شود و با جریان‌هایی که دارای مقصد یکسان هستند و از مبداهای دیگری رسیده اند ، ترکیب شده و ارسال می‌گرددند. به عبارت دیگر محصولات از نقاط مبدا در هاب‌ها جمع آوری شده و از هاب اول به هاب دوم منتقل شده و از آنجا عمل توزیع به مقاصد انجام می‌شود به این سیستم‌ها هاب و اسپوک[۳] گفته میشود. سیستم هاب و اسپوک در زمینه‌های مختلفی از زندگی روزمره از جمله جابجایی مسافر در شبکه‌های خطوط هوایی و فرودگاه‌ها ، دریافت و ارسال محموله‌های پستی و

---

۱ - Origin
۲ - Destination
۳ - Hub & Spoke

شبکه‌های رایانه‌ای ، ارتباطات و مخابرات و حمل ونقل عمومی رایج شده اند . بنابراین طراحی صحیح شبکه‌های هاب با توجه به کاربرد وسیعی که در عملکردسیستم‌های ترابری محصول و شبکه‌های ارتباطی دارند ، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و طراحی صحیح آن بی شک در بهینه سازی مصرف انرژی در شبکه‌های حمل و نقل موثر خواهد بود.

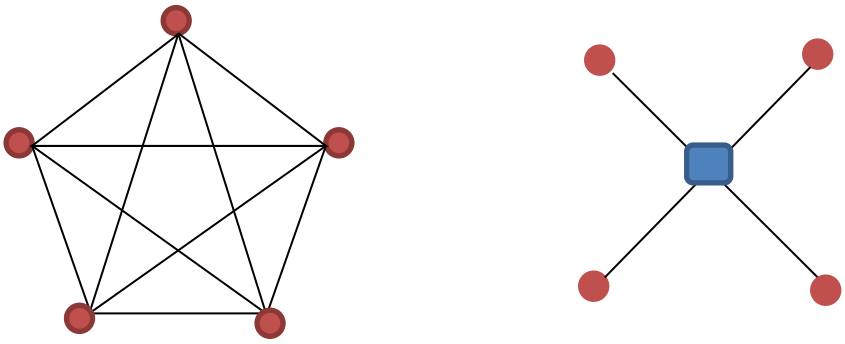
این امر منجر به افزایش روز افزون مطالعات و تحقیقات در حوزه مسأله مکانیابی هاب شده است که این تحقیق‌ها در صدد یافتن بهترین ساختار برای سیستم‌های هاب و اسپوک با مکانیابی هاب‌ها و تخصیص نقاط غیر هاب به هاب‌ها هستند . مسایل مکان‌یابی هاب به دلیل کاربرد وسیعی که در حوزه‌های مهمی چون شبکه‌های حمل و نقل و ارتباطات دارند، علی رغم گذشت دو دهه همچنان مورد توجه محققین این حوزه قرار دارد. امروزه بسیاری از سیستم‌های توزیع، با بهره‌گیری از تسهیلات ویژه هاب توانستند تا حد زیادی در هزینه و زمان صرفه‌جویی نمایند. در این فصل ابتدا به بیان مفهوم هاب پرداخته و با مدل‌های ارایه شده در این زمینه آشنا می‌شویم. بعد از آن به بحث درباره بهینه‌سازی در شرایط غیر قطعی و رویکردهای احتمالی پرداخته و در نهایت ضرورت و اهداف کلی تحقیق مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

از سوی دیگر روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی به عنوان ابزاری موثر در مدیریت سیستم‌ها ، فرآیند تصمیم گیری و راهکارهای مناسب در جهت طراحی و برنامه‌ریزی به حساب می‌آیند . از اینرو در این پایان نامه از روشهای تحقیق در عملیات جهت طراحی شبکه‌های هاب مورد استفاده در حمل و نقل ، به عنوان یکی از شبکه‌های مهم جابجایی در دنیای واقعی استفاده شده است. در این پایان نامه مسأله مکانیابی چندهدفه هاب پوششی- مرکز با در نظر گرفتن احتمالی بودن جریان بین گرهها و همینطور زمان بین آنها از الگوریتم فراابتکاری جدید استفاده میشود.

۱-۲- مروری بر مفهوم هاب

هاب‌ها تسهیلات ویژه‌ای هستند که به عنوان نقاط تبادل و انتقال در سیستم‌های توزیع به کار می‌روند [۱]. در شبکه‌های هاب، با توجه به میزان جریان و موقعیت گره‌ها تعدادی از گره‌ها به عنوان هاب انتخاب می‌شوند. به جای آنکه گره‌های عرضه‌کننده و متقاضی به طور مستقیم به یکدیگر متصل باشند جریان با تمرکز در گره‌های هاب به گره‌های متقاضی اختصاص می‌یابد. در واقع در سیستم‌های هاب، شبکه ساختاری هدفمند پیدا کرده و به دلیل بهبود در چگونگی تخصیص گره‌ها و صرفه‌جویی ناشی از استفاده هاب، هزینه (زمان) انتقال کاهش می‌یابد و باعث افزایش بهره‌وری سیستم می‌شود. شکل۱-۱ نشان‌دهنده دو طراحی

شبکه توزیع متفاوت برای ۵ گره موجود در شبکه است. شکل الف یک شبکه کامل را نشان می‌دهد و به عبارت دیگر همه گره‌های شبکه به طور مستقیم با یکدیگر در ارتباط هستند. شکل ب نشان‌دهنده طراحی شبکه دیگری موسوم به هاب است که به جای آنکه گره‌ها با یکدیگر مستقیماً در ارتباط باشند از طریق گره هاب به یکدیگر متصل شده‌اند.



(الف) (ب)

شکل ۱-۱ : نمایش یک شبکه کامل (الف) و یک شبکه هاب (ب)

با توجه به شکل۱-۱ به طور مثال اگر فرض شود روزانه هر وسیله نقلیه توانایی سرویس‌دهی به ۱ جفت مبدأ- مقصد را داشته باشد در این صورت با ۱۰ وسیله نقلیه، شبکه کامل تنها قادر است که به ۵ گره سرویس‌دهی کند در حالیکه در شرایط یکسان شبکه هاب می‌تواند ۱۰ گره را سرویس‌دهی نماید.

به طور کلی در شبکه هاب به دلیل کاهش تعداد اتصالات بین گره‌ها نسبت به شبکه کامل، میزان عبور و مرور در بین اتصالات بین هابی افزایش یافته و در نتیجه با توجه به صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از به کارگیری هاب به ویژه در اتصالات بین هابی، هزینه عملیاتی شبکه کاهش می‌یابد [۲]. از جمله مثال‌های عملیاتی شده مسایل مکان‌یابی هاب در دنیای واقعی می‌توان به سیستم حمل و نقل ریلی هونگاریان[۱] مجارستان اشاره نمود که بوداپست[۲] به عنوان هاب انتخاب شده است. دو شرکت بزرگ هواپیمایی آمریکا در آتلانتا[۳] و شیکاگو[۱] از شبکه هاب استفاده می‌کنند. در خاورمیانه نیز در حال حاضر فرودگاه دبی[۲] به عنوان هاب هوایی منطقه محسوب می‌شود [۳].

---

۱ - Hungarian
۲ - Budapest
۳ - Atlanta

هابها مراکز جمع آوری و توزیع هستند که به جای ارتباط مستقیم میان دو نقطه ، با هدف اتصالات کمتر و غیر مستقیم در مسأله مکانیابی هاب مورد استفاده قرار میگیرد [۴].

هاب‌ها سه وظیفه اصلی دارند :

۱. فاز جمع آوری[۳] : که در آن تقاضا از نقاط غیر هاب به نقاط هاب مربوطه جمع آوری میشود.
۲. فاز انتقال[۴] : تقاضا را به دیگر هاب‌ها در شبکه (درصورت وجود) انتقال می‌دهند.
۳. فاز توزیع[۵] : تقاضاهای دریافت شده از دیگر هاب‌ها در شبکه را به نقاط غیر هاب مقصد ارسال می‌نمایند.

۱-۳-مروری بر ساختار شبکه

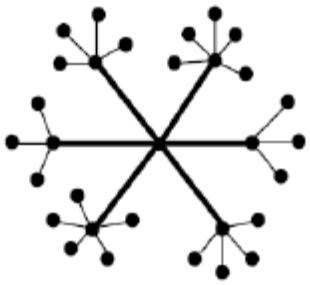
شبکه‌ها از لحاظ ساختار شبکه به شبکه ستاره–ستاره ، شبکه درخت ستاره ، شبکه ارتباط کامل- ستاره و شبکه ارتباط حلقوی تقسیم می‌شوند که در ادامه توضیحات بیشتری ارائه خواهد شد.

۱-۳-۱- شبکه ستاره- ستاره

در این شبکه کلیه نقاط به یک کنترل کننده مرکزی یا هاب متصل هستند. هرگاه گره‌ای بخواهد با گره دیگری ارتباط داشته باشد ، گره مبدأ باید درخواست را ابتدا به هاب ارسال کند ، آنگاه هاب درخواست را به گره مقصد ارسال خواهد کرد ، نقطه ضعف این شبکه وابسته بودن گره‌ها به هاب است یعنی اگر هاب از کار بیفتد کل شبکه از کار می‌افتد. مسأله مکان یابی متمرکزکننده یکی از مسائل معروف طراحی شبکه است. درشبکه ستاره – ستاره یا مسأله مکانیابی متمرکزکننده هدف حداقل نمودن هزینه‌هاست که شامل هزینه ارتباطات و هزینه تاسیس هاب است. متمرکزکننده‌ها دارای محدودیت ظرفیت هستند این مسأله معادل مسأله مکانیابی تسهیلات با محدودیت ظرفیت یک منبعی است.

---

۱ - Chicago
۲ - Dubai
۳ - Collection Phase
۴ -Transfer Phase
۵ - Distribution Phase



شکل ۱-۲: شبکه ستاره- ستاره

۱-۳-۲- شبکه درخت ستاره

این شبکه از یک یا تعداد بیشتری هاب تشکیل می‌شود . در یک شبکه درخت – ستاره امکان اتصال به سایر متمرکزکننده‌های میانی در یک ساختار سلسله مراتبی وجود دارد. در شبکه‌های مخابراتی معمولاً شبکه‌های انشعابی درخت و مسیر کاربرد دارند.

شکل ۱-۳ : شبکه درخت - ستاره

۱-۳-۳- شبکه ارتباط کامل- ستاره

به طور معمول اکثر مسائل مکانیابی با این ساختار هستند . بسیاری از مسائل مکانیابی هاب ، شبکه‌هایی با ساختار شبکه ارتباط کامل- ستاره را مورد بررسی قرار داده اند. مسأله‌ای که در این پایان نامه نیز مورد مطالعه قرار گرفته است از این ساختار پیروی می‌کند.

شکل ۱-۴ : شبکه ارتباط کامل - ستاره

۱-۳-۴- شبکه حلقوی

از نوع حلقه است و تمام نقاط در یک حلقه قرار می‌گیرند و عبور و مرور در بین گره‌ها از طریق یک حلقه و در دو جهت انجام می‌گیرد. اینگونه شبکه‌های انشعابی نیز در شبکه‌های مدرن سونت[۱] مورد استفاده قرار می‌گیرند [۵].

۱-۴- مرور مسأله

مسأله مکانیابی هاب در جایی مطرح می‌شود که با سیستم‌هایی مواجه هستیم که در آن لزوم انتقال کالا ، اطلاعات و مسافر بین جفت بخش‌های تشکیل دهنده آن زیاد می‌باشد. برقراری ارتباط مستقیم بین دو به دو این نقاط مبدأ و مقصد هزینه بالایی را ایجاب می‌کند به همین خاطر نوع و تعداد وسایلی که در چنین رویکردی مورد نیاز است زیاد می‌باشد. و باعث بهره برداری اندک از وسایل حمل و نقل را که با جریان بین دو گره مرتبط است می‌شود.

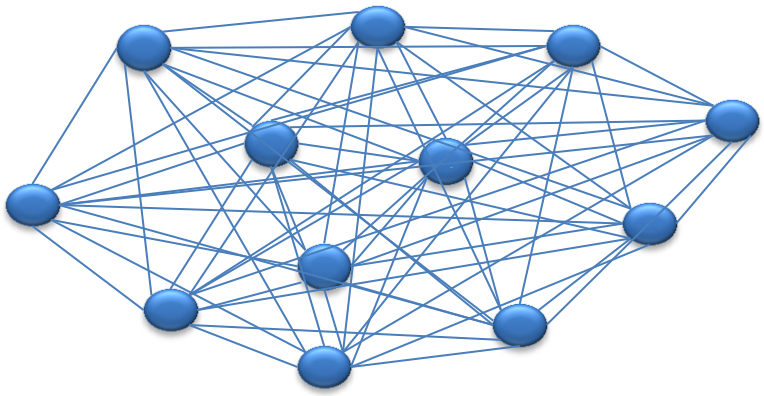
لذا اقدام به طراحی شبکه‌هایی تحت عنوان هاب و اسپوک شده است تا ارتباط بین بخش‌ها توسط هاب صورت گیرد. یک شبکه هاب و اسپوک توسط مجموعه‌ای از گره‌ها و شاخه‌ها نشان داده میشوند، که گره‌ها مراکز جمعیت را نشان میدهند و شاخه‌ها نشان‌دهنده مسیری است که این گره‌ها را مرتبط می‌کند . در یک شبکه کلی ، هر گره می‌تواند یک منشأ جریان را به خوبی نشان دهد. علاوه بر این ، مسیرهای مستقیم که هر گره را به دیگر گره‌ها مرتبط می‌کند ممکن است قابل دستیابی باشد اما هدف این است که یک برنامه حمل و نقل با کمترین هزینه را توسعه دهیم. یک راه برای کاهش قابل توجه در تعداد مسیرها ایجاد شبکه هاب است. در این شبکه چند گره به عنوان هاب برگزیده میشوند و مابقی گره‌ها به این هاب متصل میشوند

[۱] - SONET

جریان بین گره‌ها بعد از این باید از طریق حداقل یک هاب باشد. یک هدف نمونه در مسایل مکانیابی هاب ، تعیین مکانهای بهینه برای هاب‌ها است و تعیین اینکه کدام هاب‌ها متصل شوند تا هزینه نهایی حمل و نقل را کمینه کنند.

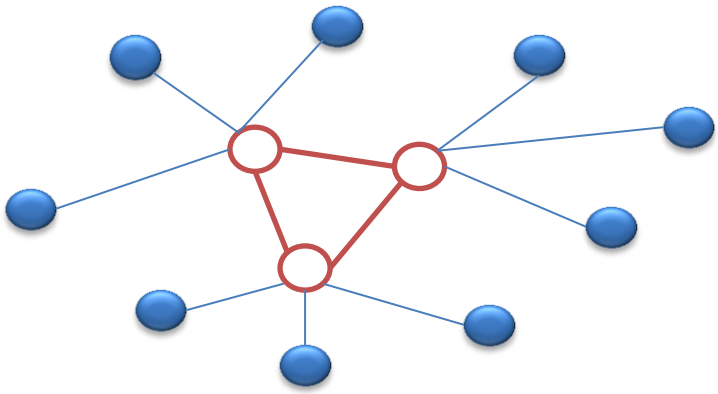
اگر شبکه‌ای دارای n گره باشد که هر کدام نماینده یک مرکز ارسال و دریافت محصول، کالا ، انسان یا اطلاعات باشد برای اتصال دو به دوی آنها نیاز به $n*(n-۱)/۲$ مسیر می‌باشد که اگر تعداد رفت و برگشت‌ها را مد نظر گرفته شود به دلیل اینکه هر مرکز هم میتواند مبدا باشد و هم مقصد پس در نتیجه $n*(n-۱)$ انتقال وجود خواهد داشت در نتیجه $n*(n-۱)$ جفت مبدأ مقصد وجود خواهد داشت .

شکل ۱-۵ یک گراف کامل از ارتباطات در شبکه‌ای با ۱۲ گره را نشان می‌دهد همه گره‌ها نماینده دریافت و ارسال کالا می‌باشند.



شکل ۱-۵ : یک شبکه ارتباط کامل با ۱۲ گره و ۶۶ اتصال و ۱۳۲ جفت مبدأ مقصد

در این شبکه ۱۳۲ جفت مبدأ مقصد وجود دارد. اگر برای حمل و نقل عمومی و ارتباط بین شهرها فرض شود که از این شبکه استفاده شود و به طور مستقیم شهرها دارای مسیر جداگانه و مجزا باشند چه هزینه هنگفتی صرف ایجاد مسیرها میشود و همچنین اگر هر وسیله روزانه فقط به یک مسیر سرویس دهد نیاز به ۶۶ وسیله نقلیه خواهد بود. حال اگر ۳ گره به عنوان هاب در نظر گرفته شود تعداد کمانها و اتصلات بین گره‌ها ۱۲ خواهد بود. شکل ۱-۶ گراف شکل ۱-۵ را با ۳ هاب نشان می‌دهد.



شکل ۱-۶ : یک شبکه با ۳ هاب و ۱۳۲ جفت مبدأ مقصد و ۱۲ کمان

بدین ترتیب طراحی شبکه مبتنی بر هاب سبب کاهش تعداد راههای ارتباطی ، کاهش هزینه‌های حمل ونقل ،کاهش تعداد وسایط نقلیه ، صرفه جویی در مصرف انرژی، بهبود کیفیت خدمات ، تخصیص بهتر ظرفیت ، توانایی برنامه‌ریزی بهتر جمل و نقل و ... خواهد شد.

۱-۵- طبقه بندی مدل‌های مکانیابی هاب

در طراحی یک شبکه فاکتورهایی مانند هزینه، ظرفیت[۱] و قابلیت اطمینان[۲] باید مد نظر قرار گیرد. در برخی از مدل‌ها از جمله مدل‌هایی که در آنها تعداد گره‌های هاب از پیش مشخص نیست، هزینه‌ای جهت استقرار هاب در نظر گرفته می‌شود. این هزینه مربوط به تجهیزات و هزینه عملیاتی ایجاد قابلیت‌های لازم برای آن گره جهت هاب شدن است. گاهی هزینه‌ها بر اساس استفاده از هاب‌ها است. مانند هزینه مربوط به استفاده از اتصال بین هابی در چارچوب شبکه. هزینه مربوط به استفاده از اتصالات تنها به اتصالات بین هابی اختصاص ندارد و شامل سایر اتصالات نیز می‌شود. این هزینه می‌تواند به حجم مبادلات در آن اتصال و یا طول اتصال بستگی داشته باشد.

فاکتور دیگر ظرفیت است. در برخی از مدل‌ها ممکن است در میزان حجم مبادلاتی که بین دو گره اتفاق می‌افتد ظرفیت محدودی وجود داشته باشد. بنابراین در این مدل‌ها اتصالات دارای ظرفیت خاصی هستند. در دسته دیگری از مدل‌ها گره‌های هاب دارای ظرفیت مشخصی می‌باشند. مثلاً این ظرفیت می‌تواند مربوط

---

۱ - Capacity
۲ - Reliability