

مقدمه ای درباره مهندسی حمل و نقل

مرجع: کتاب برنامه ریزی مهندسی حمل و نقل و تحلیل جابجایی مواد- تالیف دکتر سیدمحمد

سید حسینی



مقدمه:

حمل و نقل همواره در دوران زندگی انسان بخش عمده ای از امکانات و منابع را بطور مستقیم یا غیر مستقیم به خود اختصاص داده است

سفر برای جستجوی غذا

اکتشاف منابع و معادن

تجارت و داد و ستد

جنگها و لشکر کشی ها

....

با پیشرفت در صنایع گوناگون بر پیچیدگی مسائل حمل و نقل افزوده شده است

کیفیت سیستم حمل و نقل نسبت مستقیم با پیشرفت صنعتی و اقتصادی کشورها دارد

شبکه های حمل و نقل درصد بالایی از مساحت شهر های توسعه یافته حتی تا ۵۰ درصد را بخود اختصاص می دهد. شامل ترمینالها، فرودگاهها، پارکینگ ها، بزرگراهها ، ایستگاههای راه آهن

این موضوع تایید بر:

۱-مسئله گستردگی حمل و نقل

۲- لزوم وجود امکانات و منابع کافی برای حصول و دستیابی به شبکه های حمل و نقل مناسب

حمل و نقل و تاثیرات آن

تاثیرات مثبت:

بردن صنعت تا دورترین مناطق، که منجر به پیشرفت صنایع محلی می شود

تسریع رشد اقتصادی



کاهش زمان سفرها

کاهش تعداد تصادفات (در صورت اصلاح راههای موجود و ارتقا سطوح سرویس دهی)

تأثیرات منفی:

تغییرات کاربری زمین و تغییرات بی اندازه در ارزش اراضی

آلودگی محیط زیست (آلودگی هوا، تغییر آب و هوا) Air Pollution

آلودگی صوتی Noise Pollution

آلودگی منظره Sight Pollution

تراکم جمعیت

برهم زدن عدالت اجتماعی (مصرف کنندگان واقعی از حمل و نقل پرداخت کننده هزینه باشند)

برخورد نابرابر روی گروههای معینی از جمعیت (افراد بدون اتومبیل دارندگان اتومبیل را باعث ایجاد آلودگی مورد انتقاد قرار می دهند و افراد کم درآمد نمی توانند از شبکه موجود استفاده کنند...)

افزایش سوانح و تصادفات

علی رغم تأثیرات منفی بدلیل نیاز مفرط جوامع به یک سیستم حمل و نقل مناسب سعی در کاهش شدت عوارض نماییم

اهداف و آلترناتیوهای برنامه ریزی حمل و نقل (Objectives and Alternatives)

اهداف ممکن است:



بهبود خدمات فعلی

ارائه یک طرح جامع از یک سیستم توسعه یافته جدید

چیزی بین دو حالت فوق

تعاریف:

اهداف: مجموعه ای از مقاصد و مطلوبیتهای که برنامه ریزی در راستای دستیابی و رسیدن به آنها صورت می گیرد

آلترناتیوها یا گزینه ها یا راهکرد ها: راههایی هستند که هر یک به نوعی ما را به هدف تعیین شده مورد نظر می رساند

برای انتخاب مناسب ترین آلترناتیو برای رسیدن به هدف لازم است به شناسایی و طبقه بندی انواع آلترناتیوها از جهات گوناگون بپردازیم

دسته بندی از لحاظ امکان انجام شدن:

آلترناتیوهای شدنی: به نحوی ما را به هدف می رساند

آلترناتیوهای نشدنی: به دلایلی حذف می شوند

دلایل:

اقتصادی (Economically Reason): مثال وقتی پول نداریم رفتن با آژانس به منزل از میان آلترناتیوهای تاکسی، آژانس، اتوبوس، پیاده حذف می شود

تکنیکی (Technically Reason): مثال بدلیل مسافت زیاد رفتن پیاده حذف می شود

سیاسی (Politically Reason)



اجتماعی (Social Reason)

آلترناتیوهای نشدنی به هر یک از دلایل فوق حذف شده و از بین آلترناتیوهای شدنی بهترین را انتخاب می کنیم

دسته بندی از لحاظ عملکرد:

آلترناتیوهای مستقل (Independent Alternatives): انتخاب یکی به انتخاب سایر آلترناتیوها ربطی نداشته و موجب حذف آنها نمی گردد مانند واکسیناسیون ، دادن دفترچه بیمه به مردم، بالا بردن سطح اطلاعات بهداشتی مردم برای هدف افزایش سطح بهداشت جامعه

آلترناتیوهای ناسازگار (Mutually exclusive Alternatives) : به محض انتخاب یکی سایر آلترناتیوها حذف می گردد مانند نمیتوان برای رفتن به منزل هم با اتوبوس هم با آژانس و هم پیاده رفت

دسته بندی از لحاظ پیامد:

آلترناتیوها با پیامد کمی (Quantitative Impact):

با پیامد مثبت

با پیامد منفی

مانند کاهش زمان سفر ، کاهش تعداد تصادفات

آلترناتیوها با پیامد کیفی (Qualitative Impact):

با پیامد مثبت

با پیامد منفی

اندازه گیری و تعیین آنها کاری دشوار است. مانند راضی یا ناراضی شدن گروههای مختلفی از مردم در اثر اجرای اتوبان ، رانندگان راضی و ساکنین اطراف ناراضی



یکی از راههای بررسی و تعیین آثار کمی و کیفی، «روش قبل از، بعد از» (Before, After method) می باشد. در این روش هر پروژه یک ورودی و یک خروجی است.

در پروژه های خصوصی تنها زمانی اجرای پروژه اقتصادی است که خروجی آن بزرگتر از ورودی است. مثلاً ۱۰۰ تومان سرمایه گذاری ۱۱۰ تومان عایدی داشته باشد. یا نسبت خروجی به ورودی بزرگتر از یک باشد.

در پروژه های دولتی این خروجی پیچیده تر است و در ظاهر ممکن است بنظر غیر اقتصادی باشند و با این روش میتوان تشخیص داد.

اصولاً برنامه ریزی در شرایط محدودیت منابع (limited resources) مفهوم پیدا می کند. مانند منابع مالی، زمان اجرا، منابع نیروی انسانی، ... مثل ساخت یک پل با وجود منابع مالی محدود، در زمان محدود و با نیروی کار محدود.

نهادهای فعال در زمینه حمل و نقل:

نهادهای دولتی

نهادهای مسئول اجرای قوانین (مانند وزارت راه و ترابری)

نهادهای مسئول برنامه ریزی، طراحی، ساخت و تعمیر و نگهداری تجهیزات شبکه حمل و نقل (مانند ادارات راه و ترابری، راهنمایی و رانندگی، ...)

شرکتهای خصوصی

نهادهای قانونمند کننده

اتحادیه های تجاری و کارگری

شرکتها و ارگانهای حرفه ای

سازمانهای سرویس دهنده به استفاده کنندگان از سیستمهای حمل و نقل



عوامل موثر در تغییر سیستم حمل و نقل

مشخصه های سفر (زمان، هزینه، تواتر، راحتی سیستم،...) تحت تاثیر عوامل زیر به تعادل میرسد:

۱- **تاثیر بازار:** شامل شرایط اقتصادی، رقابتها، هزینه ها و قیمت سرویس ها میباشد. که موجب اثرات کوتاه مدت و یا بلند مدت می گردد.

۲- **اقدامات و ابزارهای دولت:** شامل تدوین و اجرای قوانین، تبلیغات، پرداخت سوبسیدها و ...

روشهای دخالت دولت در بازار برای برای تحقق اهداف مورد نظر: شامل **سرمایه گذاری** (حمایت مالی دولت، مالکیت عمومی سیستم های حمل و نقل، پرداخت سوبسید به شرکت های خصوصی اتوبوسرانی، مالکیت و نگهداری راههای عمومی تعمیر و نگهداری آنها، سرمایه گذاری در ساخت فرودگاهها، خطوط راه آهن و بنادر)، **تشویق** (بدون ایجاد قوانین از این طریق موجبات گسترش و یا عدم گسترش وضعیتها را فراهم کند مانند برنامه های تبلیغاتی برای تشویق مردم به سفر به صورت هم پیمایی (Carpool)، **قانون** (وضع قوانین برای افراد و شرکتها مانند تدوین استانداردهایی برای کاهش سرعت وسایل نقلیه به منظور کاهش تصادفات، تدوین استاندارد برای کاهش آلودگی هوا، تدوین استاندارد برای افزایش کارایی انرژی، قانونمند کردن نرخ شرکتهای حمل و نقل و)

۳- **تکنولوژیهای مربوط به حمل و نقل:** شامل تکنولوژیهای تاثیر گذار بر روی پارامترهایی چون

سرعت، ظرفیت، دانه فعالیت، قابل اعتماد بودن طرق مختلف، ... این تکنولوژیها تاثیر بسزا بر روی تعادل حمل و نقل دارند. مانند معرفی هواپیما و افزایش استفاده از آن که باعث کاهش استفاده از قطار می گردد.



وضعیت اشتغال در صنایع مربوط به حمل و نقل

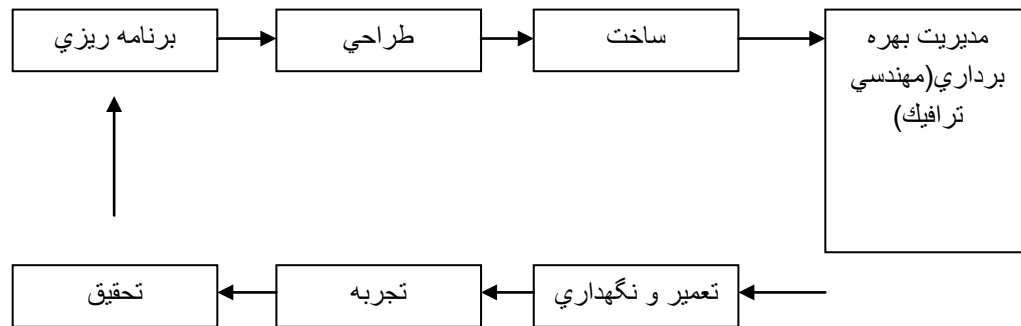
حمل و نقل رشته ها و مشاغل متنوع زیادی را در بر می گیرد

در کشورهای پیشرفته از هر ۷ نفر یک نفر شغلی در ارتباط با حمل و نقل دارد.

رشته های مختلفی مانند برنامه ریزی، مهندسی، اقتصاد، مدیریت، علوم اجتماعی، برای طراحی، ساخت، بهره برداری، تعمیر و نگهداری سیستمهای حمل و نقل نیاز است.

در کشورهای پیشرفته طراحی و ساخت وسایل نقلیه یکی از صنایع مهم و اشتغال زا است.

قسمتهای خدماتی، مطالعاتی و تحقیقاتی، اقتصاد و جامعه، محیط زیست و مشاغل مستقیم یا غیر مستقیم با حمل و نقل در ارتباطند.



ارتباط بخشهای مختلف حمل و نقل با یکدیگر

برنامه ریزی : با انتخاب پروژه برای طراحی و ساخت یا تعریف مسئله آغاز شده و در ادامه جمع آوری آمار، تجزیه و تحلیل آمار، فراین پیش بینی ترافیک، تخمین تاپیرات بر محیط زیست و کاربری اراضی، تعیین هزینه ها و منافع پروژه و در نهایت ارزیابی و ارائه راه حل های گوناگون

طراحی: طراحی هندسی، طراحی روسازی، طراحی زهکشی، مطابقت هر یک از مقادیر حاصل از طراحی با استانداردهای مربوطه.

ساخت: کلیه زمینه های مربوط به فرایند ساخت از آماده سازی و تسطیح تا ریختن لایه های مختلف روسازی و در نهایت آماده شدن مسیر نهایی برای عبور ترافیک

مدیریت بهره برداری: مسائل پس از ساخت و آغاز بهره برداری در قلمرو مهندسی ترافیک قرار میگیرد. مانند مدیریت پارکینگ، آنالیز تصادفات، بکارگیری علائم ترافیکی و خط کشی معابر، بررسی عملکرد تقاطع های دارای چراغ و بدون چراغ راهنمایی، کنترل سرعت وسایل نقلیه، تامین روشنایی معابر

تعمیر و نگهداری: نگهداری سیستم حمل و نقل در کیفیت مناسب برای سرویس دهی

سیستمهای حمل و نقل

یک سیستم حمل و نقل شامل تسهیلات ثابت، نهادهای جاری و سیستمهای کنترل است.

در یک سیستم حمل و نقل انسان یا کالا در زمان معینی فاصله جغرافیایی مشخصی را طی میکند.

تسهیلات ثابت اجزا فیزیکی و ثابت سیستم هستند که بصورت شبکه ای از کمانها و گره ها نمایش داده میشوند. کمانها قسمتی از مسیر راه، راه آهن و یا خطوط لوله میباشد و هر گره نمایانگر تقاطع همسطح یا غیر همسطح، پایانه، بندر و یا فرودگاه است.

نهادهای جاری و تکنولوژی (Flow entities and technology)، واحدهایی هستند که تسهیلات ثابت را طی می کنند. مانند وسایل نقلیه، کانتینرها، وسایل نقلیه مربوط به راه آهن و ... پس در یک بزرگراه، خود بزرگراه جزئی از تسهیلات ثابت بوده و وسایل نقلیه نهادهای جاری بشمار میرود.

سیستمهای کنترل شامل سیستمهای کنترل وسیله نقلیه و کنترل جریان است. کنترل وسیله نقلیه توسط روش تکنولوژیکی که وسیله نقلیه را در تسهیلات ثابت هدایت می کند. سیستم کنترل جریان شامل روشهایی است که با استفاده از آن زنجیره ای از وسایل نقلیه بصورت یکنواخت و با کارایی مناسب و با حداقل برخورد حرکت نمایند مانند علائم راهنمایی، سیستمهای سیگنالی و قوانین هماهنگ برای استفاده از سیستمهای مذکور



طرق (زیرسیستم های) مختلف حمل و نقل

۱- حمل و نقل زمینی

حمل و نقل جاده ای: راهها دارای ۲ خاصیت اصلی هستند. ایجاد دسترسی به نقاط اطراف و تامین حرکت برای وسایل نقلیه. بهبود یکی موجب افت دیگری است.

راهها شامل راههای شهری (Urban roads) و بین شهری (Rural roads) است. زاههای بین شهری شامل راههای شریاتی (Arterial roads)، راههای اصلی (Principal roads) و فرعی (Minor roads)، راههای جمع کننده (Collector roads)، راههای اصلی و فرعی، راههای محلی (Local roads) در راههای شریانی حرکت در بالاترین سطح خود و دسترسی در پایین ترین حد خود است. و در راههای محلی بر عکس است.

حمل و نقل ریلی

۲- حمل و نقل آبی

شامل زیرگروه های داخل خشکی (Inland)، بندری (Coastal)، اقیانوسی (Ocean) می باشد. زیرگروه داخل خشکی از رودخانه ها، دریاچه ها و کانالهای مصنوعی استفاده میکند. اجزاء جریان در گروههای بندری و اقیانوسی با وزنها و اندازه مختلف می باشند. خطوط دریایی قابل رویت با چشم نیستند ولی تسهیلات بندری را بهم متصل نموده و بوسیله قراردادهای بین المللی تثبیت گردیده اند.

۳- حمل و نقل هوایی

به دو گروه داخلی (Domestic) و خارجی (International) تقسیم میگردد. اجزاء جریان مانند هواپیما ها و هلیکوپترها می باشند و تسهیلات ثابت فرودگاهها در کلاسهای مختلف میباشد.

۴- حمل از طریق خط لوله

دسته بندی زیرگروههای این زیرسیستم بر اساس محصولی که حمل میگردد انجام میشود. (مثلا نفت،

گاز)

تفاوت این زیر سیستم اینست که فقط برای حمل کالا مناسب است و وسیله نقلیه ای را بکار نمیگیرد. نهاد جاری در این زیر سیستم همان ماده ای است که در داخل لوله حرکت نموده و حمل می گردد.

شبکه راههای شهری

هر شبکه حمل و نقل دارای دو خاصیت حرکت و دسترسی می باشد که در خلاف یکدیگر عمل میکنند. معابر شهری شامل:

معابر جمع و توزیع کننده منطقه ای (اصلی) (Primary distributor)

تامین حرکت و جابجایی سریع و دسترسی ناچیز است. سفرهای طولانی به این گروه اختصاص داده میشود و نباید از درون ناحیه های شهری عبور نمایند. و معمولاً مرز نواحی شهری را تشکیل میدهند. شامل آزادراه، بزرگراه و خیابانهای شریانی اصلی است و این شریانها به شبکه راههای کشور اتصال می یابد.

معابر جمع و توزیع کننده ناحیه ای (District distributor)

توزیع ترافیک در ناحیه های شهری و یا بر عکس انتقال به معابر اصلی بر عهده آنهاست. سفرهای شهری با طول متوسط اختصاص به این معابر دارد.

معابر جمع و توزیع کننده محلی (Local distributor)

از درون محله های شهر میگذرد و ارتباط معابر ناحیه ای و معابر دسترسی از این طریق است.

معابر دسترسی (Access Roads)

ایجاد دسترسی مستقیم به کاربریهای مختلف، ساختمانها و غیره وظیفه این معابر است. خاصیت حرکت در این معابر بسیار ناچیز و خاصیت اصلی آنها دسترسی می باشد.

معابر عابرین پیاده (Pedestrian Streets)



نقشی در جابجایی ترافیک ندارند و برای جابجایی عابرین پیاده مورد استفاده قرار میگیرد. عبور وسایل نقلیه غیر مجاز است.

سیستم راه آهن شهری (Urban Rail system)

شامل گروههای:

سیستم جابجایی سریع فردی (PRT) Personal Rapid Transit

از وسایل نقلیه کوچک که به صورت نزدیک به هم و غیر متصل به هم بر روی ریل در حرکتند. اخیراً قطارهای بزرگتر ارائه شده که بین ساختمانهای پایانه ای از جمله فرودگاهها استفاده میشود.

سیستم راه آهن سبک (LRT) Light Rapid Transit

از مسیرهای اختصاصی که در تمام یا اکثر مسیر برخورد و تداخل با ترافیک وسایل نقلیه دیگر ندارد. و ممکن است تقاطع های همسطح کنترل شده ای هم داشته باشد یا با ترافیک جاده ای در قسمتهای مشترک باشد. قطارها معمولاً دارای یک تا چهار وسیله نقلیه می باشد. این سیستم نسبت به ترانوا دارای زمانبندی مرتب تر و همراه با کنترلهای سیگنالی و زمان سفر کوتاه تر است.

سیستم مترو (Metro)

در مسیرهایی که سیستم راه آهن سبک نمی تواند عملکرد مطلوبی داشته باشد احداث میگردد. مسیرهای کاملاً اختصاصی و جدا از ترافیک وسایل نقلیه. قطارها از چهار تا ده وسیله نقلیه تشکیل شده است. برای تقاضاهای زیاد سفر و در مناطق درون شهری برای ارباط مراکز پر جمعیت با مراکز تجاری شهر طراحی و احداث می شود.

سیستم راه آهن حومه (Suburban Rail)

برای سفرهای طولانی تر از سیستم مترو و فواصل ایستگاهها بیشتر است. مسیرها معمولاً جداسازی میشود و لی میتواند دارای تقاطع همسطح هم باشد. در گذشته از نیروی دیزلی استفاده میشد ولی امروزه دارای نیروی محرکه برقی به صورت دستی یا اتوماتیک هدایت شده و بوسیله سیستمهای سیگنالی مراقبت میشوند.

جدول ۱-۱- مشخصات برخی از سیستمهای راه آهن شهری^۱

مشخصات سیستمها	راه آهن سبک	مترو	راه آهن حومه
- مشخصات بهره برداری:			
حداکثر سرعت (کیلومتر در ساعت)	۷۰-۸۰	۸۰-۱۰۰	۸۰-۱۳۰
سرعت بهره برداری (کیلومتر در ساعت)	۲۰-۴۰	۲۵-۶۰	۴۰-۷۰
حداکثر تعداد قطار در هر ساعت	۴۰-۹۰	۲۰-۴۰	۳۰-۱۰۰
ظرفیت عملی (تعداد مسافر در هر ساعت)	۲۰,۰۰۰	۶۰,۰۰۰	۳۰,۰۰۰
قابلیت اعتماد (Reliability)	زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد
- مشخصات قطارها- وسایل نقلیه:			
تعداد وسایل نقلیه برای هر قطار	۱-۴	۱-۱۰	۱-۱۰
طول هر وسیله نقلیه (متر)	۱۴-۳۲	۱۶-۳۲	۲۰-۲۶
تعداد مسافر برای هر وسیله نقلیه	۲۰۰	۲۵۰	۱۸۰
- تجهیزات ثابت:			
درصد مسیر انحصاری از کل مسیر	۴۰-۹۰	۱۰۰	۹۰-۱۰۰
ارتفاع سکوی ایستگاه	کم یا زیاد	زیاد	کم یا زیاد
- نحوه جمع آوری کرایه:			
داخل یا خارج از قطار	داخل یا خارج از قطار	خارج از قطار	داخل یا خارج از قطار
- ارتباطات سیستم:			
پوشش در مرکز شهر	خوب	متوسط	محدود
فاصله ایستگاهها (متر)	۳۰۰-۸۰۰	۵۰۰-۲۰۰۰	بیش از ۲۰۰۰
طول متوسط سفر	کوتاه یا طولانی	متوسط یا طولانی	طولانی



برنامه ریزی حمل و نقل



در مباحث حمل و نقل منظور از **برنامه ریزی** ، فرایند یا فعالیتی است که طی آن اقدامات لازم برای آینده جهت سوق دادن یک مجموعه یا سیستم حمل و نقل به سوی یک وضعیت دلخواه را مورد بررسی قرار میدهد. این فرایند در نهایت منجر به اتخاذ تصمیم و سپس اقدامات موثر در راستای تحقق و حصول اهداف و وضعیت های دلخواه می گردد.

مهمترین موضوع در برنامه ریزی **آینده نگری** است.

برای **توجیه انجام یک پروژه حمل و نقل عوامل مختلفی** مانند بهبود در جریان ترافیک، ایمنی، ایجاد دسترسی به کاربریها، صرفه جویی در مصرف انرژی، کاهش زمان سفرها، رشد اقتصادی و غیره را ذکر کرد.

برخی پروژه های حمل و نقل به دلایل سیاسی و اجتماعی انتخاب می شوند. مانند ایجاد اشتغال در ناحیه ای خاص، رقابت با دیگر استانها و شهرها برای کسب اعتبار، جذب صنعت، جوابگویی به فشاری که از طرف سیاستمداران وارد می شود و

انواع برنامه ریزی حمل و نقل

۱- برنامه ریزی کوتاه ویا میان مدت

دارای پیچیدگی کمتر

به سرمایه گذاری بزرگ و ساخت و سازهای وسیع نیاز نیست

هدف بدست آوردن حداکثر ظرفیت و یا بهره برداری بهینه از تجهیزات موجود می باشد.

۲- برنامه ریزی بلند مدت (راهبردی)

مسائل پیچیده بدنبال دارد.

دارای هزینه مالی زیاد و همراه با ساخت و سازهای بزرگ و گسترده است.

پیامدهای آن اجتماع، محیط زیست و اقتصاد جامعه را تحت تاثیر قرار می دهد.



گروه های مختلف افراد در مواجهه با سیستم حمل و نقل

۱- اپراتورها

با مسائلی از قبیل هزینه های سرمایه ای ، هزینه های درآمدی عملکردی، اقتصادی بودن طرح از دیدگاه اتحادیه ها و کنترل های دولت روبرو هستند.

۲- استفاده کنندگان

سفرکنندگان و یا مشتریهای یک شرکت حمل و نقل کالا می باشند که با عوامل هزینه پولی(کرایه ها)،زمان سفر از مبدا واقعی تا مقصد واقعی،حفاظت و ایمنی، قابلیت اعتماد و سر و کار دارند.

۳- غیر استفاده کنندگان

افرادی که سفر کننده نبوده و موجب جابجایی مسافر و کالا نیستند ولی تحت تاثیر عواملی مانند آلودگی آب و هوا، آلودگی صوتی،آلودگی دید یا منظره، عدم ایمنی،تغییرات کاربری اراضی، اختلالات اجتماعی،تاثیرات اقتصادی تجهیزات حمل و نقل قرار دارند.

یک برنامه حمل و نقل موفق،طرحی است که بین نیازهای این ۳ گروه تعادل برقرار نماید.

برنامه ریزی حمل و نقل شهری

شامل ارزیابی و انتخاب تجهیزات جابجایی برای سرویس دهی به کاربریهای حال و آینده است. به عنوان مثال با ساخت یک مرکز خرید یا یک فرودگاه ویا یک مرکز تجارت، نیاز به احداث یا ایجاد تجهیزات و سرویسهای اضافی حمل و نقل بوجود می آید. همچنین توسعه کاربریهای مسکونی، فضاهای اداری و صنعتی معمولا ترافیک اضافه تولید می نماید که نیازمند جاده ها و سرویسهای حمل و نقل عمومی بیشتری نیز می باشد.

در ۲ افق زمانی کوتاه مدت و بلند مدت عمل می نماید.



در افق کوتاه مدت پروژه هایی انتخاب می گردد که در یک فاصله زمانی یک تا سه سال می توانند اجرا شوند. این پروژه ها برای مدیریت بهتر و کارایی بیشتر تجهیزات موجود حمل و نقل طراحی میگردد.

مانند زمانبندی چراغهای راهنمایی برای بهبود جریان ترافیک، هم پیمایی برای کاهش تراکم، ایجاد پارک سوارهای حاشیه ای برای افزایش تعداد مسافرین حمل و نقل عمومی و بهسازی حمل و نقل عمومی

پروژه های مورد شناسایی و ارزیابی در افق زمانی بلند مدت، در فاصله زمانی حدود بیست سال قابل بهره برداری است.

مانند احداث جاده های جدید، افزایش تعداد خطوط بزرگراهی و آزاد راهی، ایجاد سیستمهای جابجایی سزيع و گسترش آنها، ایجاد راههای دسترسی به مراکز خرید و یا فرودگاهها و غیره

برای تعیین میزان دستیابی به اهداف برنامه ریزی های انجام شده و ارزیابی برنامه ها می بایست معیارهای ارزیابی مشخص گردند.

جدول ذیل مثالهایی از اهداف برنامه ریزی کوتاه مدت و معیارهای ارزیابی استفاده شده برای اهداف مذکور می باشد.



جدول ۱-۲ - مثالهایی از اهداف برنامه ریزیهای کوتاه مدت و معیارهای ارزیابی استفاده شده.

هدف از اقدامات برنامه ریزی کوتاه مدت (TSM)	معیار ارزیابی
- بررسی عملکرد سیستم حمل و نقل شهری	- زمان سفر در کل سیستم. - متوسط سرعتها در کل سیستم. - متوسط سرعتها در کریدورهای سفر.
- کاهش وابستگی شهروندان به وسیله نقلیه شخصی	- سهم حمل و نقل عمومی از جابجایی در سیستم وسایل نقلیه. - درصد استفاده از طرق مختلف سیستم حمل و نقل.
- کاهش مصرف بنزین در سیستم حمل و نقل شهری	- مصرف کل سوخت. - سفر - کیلومتر تقسیم بر مقدار سوخت مصرف شده.
- بهبود ایمنی	- تعداد افراد کشته و زخمی شده در تصادفات. - مجموع کل تعداد تصادفات. - نرخ تصادفات در هر میلیون وسیله نقلیه کیلومتر از سفر.
- بهبود محیط زیست شهری.	- میزان آلودگی صوتی. - میزان آلودگی هوا (اکسیدهای کربن، اکسیدهای نیتروژن، ثیدروکربن ها)
- افزایش جابجایی با ثابت نگهداشتن سوخت و آلودگیهای محیط زیست.	- نرخ های سفر. - نفر کیلومتر از سفرها. - نفر کیلومتر از سفر برای هر واحد سوخت مصرف شده یا برای هر واحد از آلودگیهای ایجاد شده.



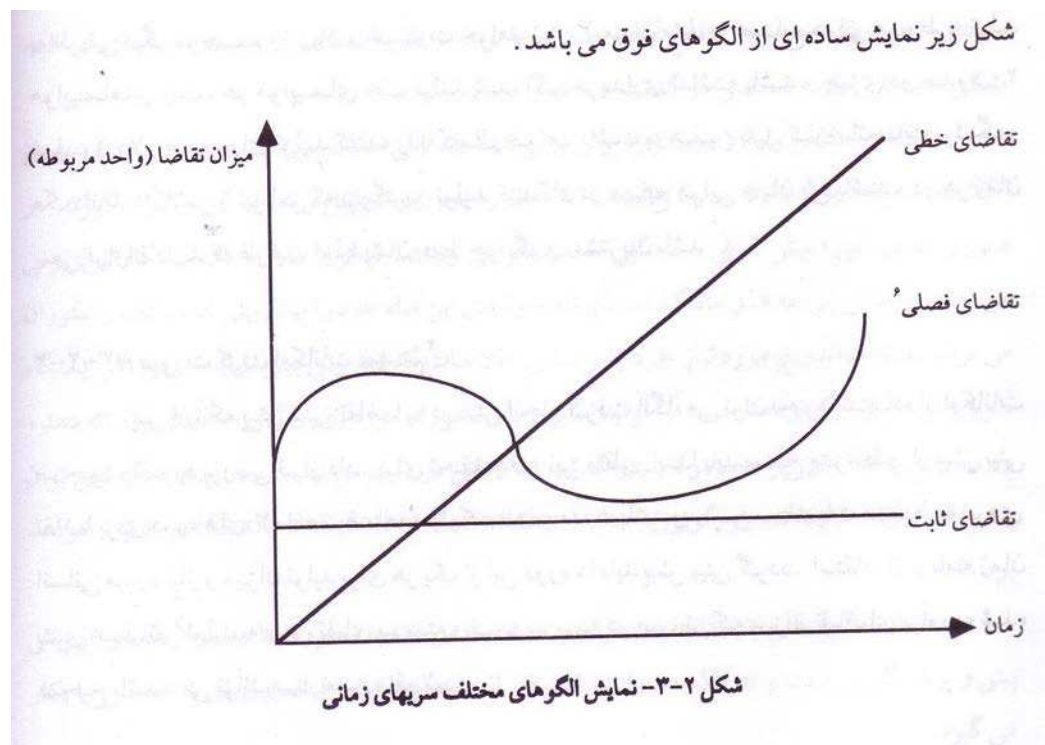
مدلهای پیش بینی



پیش بینی: یک تخمین از وقایع آینده است که با توجه به اطلاعات تلفیق شده سیستماتیک گذشته بدست آمده است.

آنالیز سریهای زمانی: به نحوه استفاده سیستماتیک و تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود از زمان گذشته اطلاق میشود.

آنالیز کننده مقدار متغیر مورد نظر را نسبت به زمان رسم میکند و با توجه به شیبههای نمودارها و الگو و شکل منحنی ها نتیجه گیری می نماید. الگوهای سریهای زمانی می تواند به صورتهای ثابت، خطی، فصلی و یا تلفیقی از موارد یاد شده باشد.



سایر موارد خطای پیش بینی، مدلهای پیش بینی از فصل ۳ مرجع مطالعه گردد.



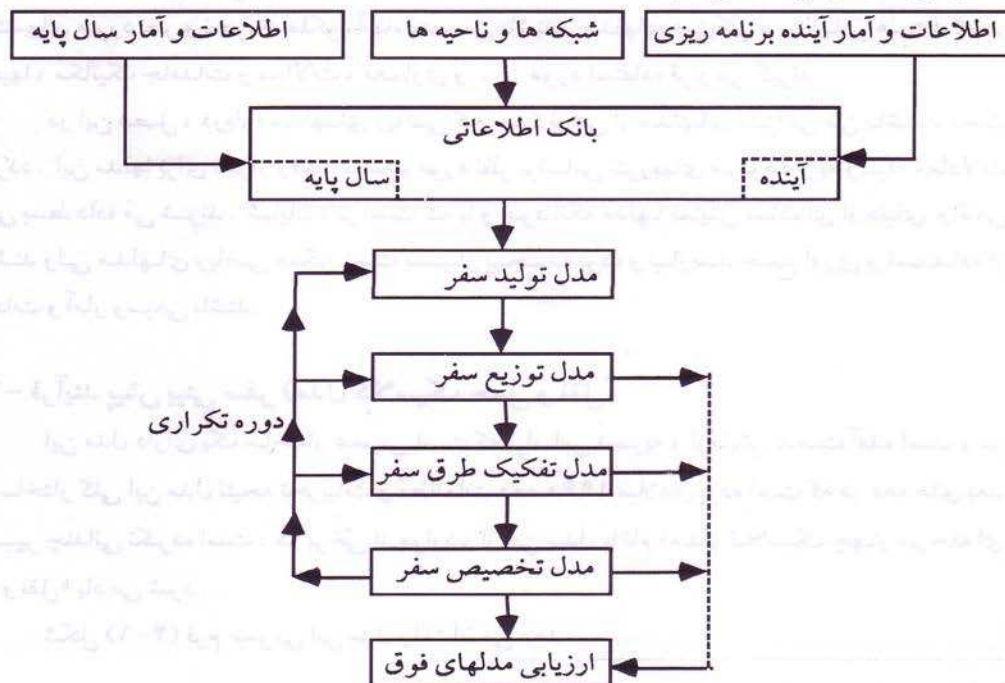
فرایند پیش بینی سفر در مهندسی حمل و نقل



فرایند پیش بینی سفر یکی از پراهمیت ترین قسمت‌های برنامه ریزی حمل و نقل است. این فرایند مختص برنامه ریزی شهری بوده و بکارگیری آن به عنوان یک شاخص برای توسعه آینده می تواند بکار گرفته شود.

فرایند پیش بینی سفر (مدل کلاسیک حمل و نقل)

همانطور که در شکل (۴-۱) مشاهده می گردد چهار قدم اصلی که الگوهای سفرهای آینده توسط آنها تعیین می شود، عبارتند از: تولید سفر، توزیع سفر، تفکیک طرق سفر یا نوع وسیله نقلیه، و تخصیص سفر یا سمت سفر (واگذاری ترافیک به مسیر). در این مدل ابتدا سیستم شبکه ها و ناحیه بندی طراحی می شود و برای هر ناحیه جمعیت، وضعیت اجتماعی و اقتصادی، تجهیزات و کاربریها و... تعیین می گردند. در اولین مرحله که تولید سفر می باشد، با استفاده از اطلاعات و آمار موجود، مدلی برای پیش بینی و تخمین تعداد کل سفرهای تولید شده و سفرهای جذب شده بوسیله هر ناحیه، بسط داده می شود. در قدم بعدی، سفرها به مقاصد تعیین شده تخصیص داده می شوند و به عبارت دیگر توزیع سفر باعث ایجاد ماتریس سفر می گردد. قدم سوم مربوط به مدلسازی انتخاب وسیله سفر و یا تفکیک طرق سفر می باشد که در آن سفرهای ماتریس سفر مرحله توزیع سفر به انواع مختلف طرق سفر اختصاص می یابند. در مرحله چهارم مدل که مربوط به واگذاری ترافیک به مسیر می باشد، مسیر خاصی که توسط مسافران بین هر دو منطقه با استفاده از وسیله خاص مورد استفاده قرار می گیرد، پیش بینی می شود. در این مرحله سفرهای مربوط به هر طرق سفر به مسیر یا شبکه (معمولاً مسیرهای مختص وسایل عمومی و خصوصی) تخصیص داده می شوند.



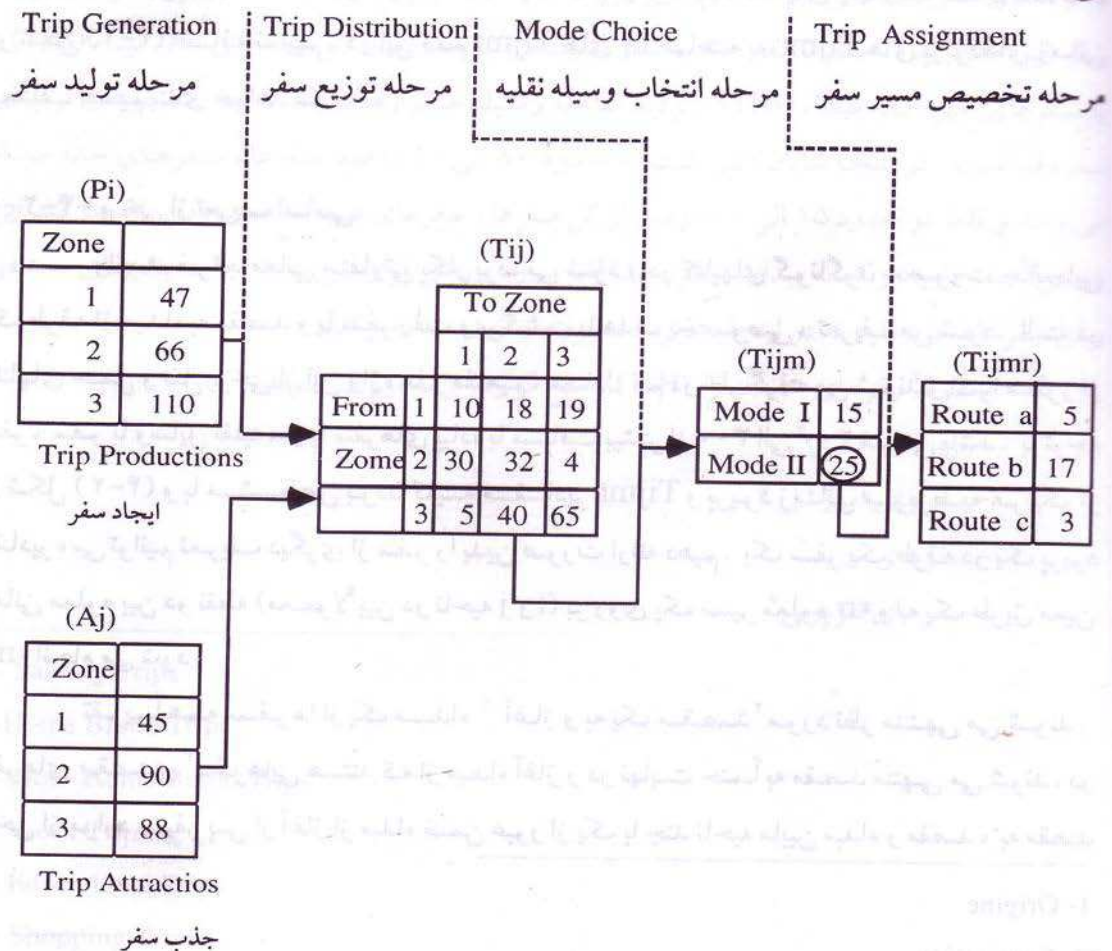
شکل ۴-۱- فرم عمومی مدل کلاسیک چهار مرحله ای حمل و نقل



بطور کلی و بنابر آنچه گفته شد، مدل کلاسیک حمل و نقل به صورت دنباله ای از چهار زیر مدل ذیل مورد استفاده قرار می گیرد، البته لازم به توضیح است که ترتیب ارائه شده برای این چهار زیر مدل تنها روش ممکن نیست و در برخی از مطالعات می توان ترتیبهای دیگری نیز اتخاذ نمود:

- ۱- مدل تولید سفر (تصمیم برای انجام سفر به منظور نیل به یک هدف مورد نظر).
- ۲- مدل توزیع سفر (گزینش و انتخاب مقاصد سفرها).
- ۳- مدل تفکیک طرق سفر (گزینش و انتخاب وسیله نقلیه برای انجام سفرها).
- ۴- مدل تخصیص سفر (گزینش و انتخاب مسیر سفرها).

در قسمتهای بعدی این فصل به بحث و بررسی تفصیلی در مورد زیر مدلهای فوق خواهیم پرداخت. شکل (۲-۴) تصویری شماتیک از تقسیم بندی سفرها براساس چهار زیر مدل فوق را نمایش می دهد.



شکل ۲-۴- مثالی از قدمهای فرآیند پیش بینی سفر



۳-۴- مدل‌های تولید سفر^۲

هدف از بررسی مدل‌های تولید سفر، پیش‌بینی تعداد کل سفرهای تولید و جذب شده توسط هر ناحیه در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. این مدل‌ها به منظور جوابگویی به سئوالاتی از قبیل چند سفر از هر یک از نواحی تولید شده‌اند؟ و یا چند سفر توسط هر یک از نواحی جذب شده‌اند؟ بسط داده می‌شوند.

تجزیه و تحلیل مدل‌های تولید سفر دو نقش زیر را ایفا می‌نماید:

۱- رابطه‌ای بین سفرهای تولید یا جذب شده توسط نواحی و کاربریهای موجود، بسط و ارائه می‌دهند.

۲- تعداد سفرهای تولید شده در آینده تحت شرایط جدیدی از کاربریها را با استفاده از رابطه بسط داده شده بند قبل، تخمین زده و پیش‌بینی می‌کنند.

1- Peak

2- Trip Generation Models



۱-۳-۴- مدل‌های عامل رشد^۱

اکثر روش‌های ارائه شده برای مدل‌های تولید سفر، از دهه ۱۹۵۰ میلادی به بعد پیشنهاد گردیدند. در واقع پیش بینی تعداد سفرهای تولید یا جذب شده به وسیله یک خانوار یا یک ناحیه، معمولاً به صورت تابعی خطی از اطلاعات و آمار موجود می باشد. یکی از ساده ترین روشها که برای پیش بینی تعداد سفرهای آینده بکار می رود به صورت زیر می باشد:

$$T_i = F_i \cdot t_i$$

که در آن:

T_i = تعداد سفرهای آینده ناحیه i می باشد.

t_i = تعداد سفرهای فعلی ناحیه i می باشد.

F_i = عامل رشد می باشد، که به متغیرهایی مانند جمعیت، درآمد و مالکیت وسیله نقلیه بستگی دارد. عامل رشد به صورت تابعی از جمعیت^۲ (P)، درآمد^۳ (I) و مالکیت وسیله نقلیه^۴ (C) یا ضریب مالکیت اتومبیل و سال طراحی^۵ (d)، و سال پایه^۶ (c) یا وضعیت موجود بوده و به صورت زیر بیان می شود:

$$F_i = \frac{f(P_i^d \cdot I_i^d \cdot C_i^d)}{f(P_i^c \cdot I_i^c \cdot C_i^c)}$$

که در آن:

F_i = عامل رشد

P_i^d و P_i^c = به ترتیب جمعیت در سال پایه و در سال طراحی.

I_i^d و I_i^c = به ترتیب درآمد در سال پایه و در سال طراحی.

C_i^d و C_i^c = به ترتیب مالکیت وسیله نقلیه در سال پایه و در سال طراحی.

مثال (۱-۴):

- فرض کنید که ناحیه ای دارای ۳۰۰ خانوار با یک وسیله نقلیه و ۳۰۰ خانوار بدون وسیله

1- Growth Factor Models

2- Population

3- Income

4- Car Ownership

5- Design year

6- Current year

نقلیه باشد. نرخ متوسط تولید سفر در هر یک از دو گروه بر حسب اطلاعات بدست آمده به صورت زیر است:

- هر خانوار با وسیله نقلیه، ۶ سفر در روز تولید می نماید.

- هر خانوار بدون وسیله نقلیه، ۲/۵ سفر در روز تولید می نماید.

بنابراین تعداد سفرهای تولید شده فعلی در هر روز را می توان بسادگی محاسبه نمود.

$$t_i = (2/5 \times 300) + (6 \times 300) = 2550 \text{ سفر در هر روز}$$

با این فرض که در آینده همه خانوارها دارای یک وسیله نقلیه خواهند شدو همچنین جمعیت و درآمد خانوارها ثابت باقی بماند، عامل رشد به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$F_i = \frac{C_i^d}{C_i^c} = \frac{1}{0.5} = 2/0$$

بنابراین تعداد سفرهای آینده در هر روز برابر است با:

$$T_i = F_i \cdot t_i = 2 \times 2550 = 5100$$

اگر فرض کنیم که نرخ متوسط تولید سفر برای هر خانوار ثابت بماند، می توان از طریق دیگری نیز تعداد سفرهای آینده را محاسبه نمود:

$$T_i = (300 \times 2) \times 6 = 3600 \text{ تعداد سفرهای آینده در هر روز}$$

برای مقایسه تعداد سفرهای آینده بدست آمده از طریق مدل و حالت واقعی داریم:

$$\frac{(5100 - 3600)}{3600} = 0.416 = 41.6\% \approx 42\%$$

از محاسبات فوق چنین نتیجه می شود که روش عامل رشد، تعداد سفرهای آینده را چیزی حدود ۴۲ درصد بیشتر از واقعیت پیش بینی می نماید. بطور معمول از این روش برای پیش بینی سفرهای خارجی که یک منطقه استفاده می شود که معمولاً تعداد اینگونه سفرها کم است. البته شایان ذکر است که تولید سفر اولین مرحله از فرآیند مدلسازی است، بروز هر گونه اشتباهی در این مرحله، موجب انتقال آن به همه مراحل دیگر نیز می گردد.

سایر مدلها شامل مدل رگریشن چندگانه (Multiple Regression Model)، مدل طبقه بندی عرضی (متقاطع) (Cross Classification Model) با مراجعه به کتاب مطالعه گردد.

مدلهای توزیع سفر (Trip Distribution Models)

پس از اینکه تعداد سفرهای تولید یا جذب شده توسط هر منطقه پیش بینی گردید، نوبت دومین مرحله از فرایند تخمین سفرها که توزیع سفر می باشد، میرسد. به زبان ساده می خواهیم بدانیم که سفرهای تولیدی به کجا می روند؟ سفرهای جذب شده از کجا می آیند؟

بطور معمول اطلاعات مربوط به سفرهای بین مبادی و مقاصد در یک منطقه مطالعاتی به صورت یک ماتریس سفر نشان داده میشود.

در این ماتریس سفر، سطرها و ستونها نشان دهنده نواحی منطقه مورد مطالعه می باشند. در شکل ۴-۴ نمونه ای از یک ماتریس سفر نشان داده شده است.



مولفه های سطر i ام شامل سفرهایی است که از ناحیه 1 تولید شده و دارای مقاصدی مطابق با شماره ستونهای ماتریس سفر می باشند. قطر اصلی ماتریس سفر مربوط به سفرهای داخلی هر ناحیه و T_{ij} تعداد سفرهای بین مبدا i و مقصد j می باشد. O_i مجموع تعداد سفرهای تولید شده از مبدا i و D_j مجموع سفرهای جذب شده به ناحیه j می باشند. مجموع تعداد کل سفرها عبارتست از:

$$T = \sum_i \sum_j T_{ij}$$

ماتریسهای سفر را می توان به گروههای بیشتری تقسیم نمود. برای مثال می توانی ماتریس سفر را بر حسب طرق سفر K گروه بندی کرد. حتی در برخی از مواقع می توان نسبت سفرهایی که از طریق بخصوصی استفاده می نمایند و با هزینه های سفر بین دو ناحیه بر حسب طرق سفر را متمایز نمود.

مولدهای سفر	جاذب های سبز							$\sum_j T_{ij}$
	1	2	3	.....j	.....	z		
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	....	T_{1j}	.....	T_{1z}	O_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	....	T_{2j}	.....	T_{2z}	O_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	....	T_{3j}	.....	T_{3z}	O_3
.
.
.
i	T_{i1}	T_{i2}	T_{i3}	....	T_{ij}	.....	T_{iz}	O_i
.
.
z	T_{z1}	T_{z2}	T_{z3}	....	T_{zj}	.....	T_{zz}	O_z
$\sum_i T_{ij}$	D_1	D_2	D_3	....	D_j	.....	D_z	$\sum_i \sum_j T_{ij} = T$

شکل ۴-۴- نمونه ای از یک ماتریس سفر.



۱-۴-۴- مدل ضریب رشد یکنواخت^۲

برای استفاده از این مدل، ابتدا یک ضریب رشد برای کل ناحیه تحت مطالعه (اغلب برای تمامی شهر) محاسبه و در نظر گرفته می شود. این ضریب رشد می تواند میانگین ساده یا میانگین وزنی ضرایب رشد کلیه مناطق در ناحیه تحت مطالعه باشد. برای بدست آوردن حجم سفرهای رد و بدل شده بین دو ناحیه در سال طراحی، کافی است حجم سفرهای رد و بدل شده بین آن دو ناحیه از منطقه تحت مطالعه (یا شهر) را در این ضریب رشد یکنواخت ضرب کنیم. شکل ریاضی این مدل به صورت زیر است:

$$T_{ij} = t_{ij} \times F$$

که در آن:

T_{ij} = حجم سفرهای رد و بدل شده بین دو ناحیه j و i در زمان آینده.

t_{ij} = حجم سفرهای رد و بدل شده بین دو ناحیه j و i در زمان حال.

F = ضریب رشد برای کل ناحیه تحت مطالعه (یا تمامی شهر).

مثال (۸-۴):

براساس نتایج حاصل از مطالعات مبدا و مقصد، حجم سفرهای موجود بین دو ناحیه ۳ و ۸

1- Growth Factor Methods

2- Fratar Model

3- Through Trips

4- Uniform Growth Factor Model



از یک شهر در حال حاضر برابر با ۴۲۰ سفر در روز می باشد و ضریب رشد یکنواخت شهر در بیست سال آینده برابر با ۱/۶۵ محاسبه شده است، حجم سفرهای بین دو ناحیه ۳ و ۸ در بیست سال آینده را بدست آورید:

$$T_{r,8} = t_{r,8} \times F = 420 \times 1/65 = 643 \text{ سفر در روز}$$

همانطور که به نظر می رسد این روش ساده نمی تواند به نحو دقیقی وضع توزیع سفرهای آینده را مشخص سازد. معمولاً ضریب رشد براساس روند گذشته محاسبه شده و ممکن است برای پیش بینی سفرهای آینده بسیار ضعیف عمل کند. اگر در خصوصیات منطقه ای تغییرات کلی ایجاد شود، خطای بزرگی در نتایج این روش بوجود می آید. مثلاً برای ناحیه ای از شهر که توسعه چندانی نیافته است همان ضریب رشد مربوط به ناحیه کاملاً توسعه یافته و دارای تراکم بالا بکار می رود. حال آنکه واضح است که چنین کاری اشتباه بوده و پیش بینی حاصل از آن نیز با واقعیت مطابقت نخواهد داشت. گاهی اوقات دو ناحیه در زمانهای گذشته دارای رشد زیادی بوده اند و ملاک قرار دادن این رشد برای آینده موجب میگردد پیش بینی ها بیش از واقعیت باشند. به هر صورت و به هر دلیل که این خطاها در محاسبات وارد گردند، از ارزش محاسبات دقیقی هم که در مرحله تولید سفر انجام گرفته است، کاسته خواهد شد.

سایر مدلها شامل مدل ضریب رشد متوسط، مدل ضریب رشد دترویت، مدل فراتر، مدل جاذبه یا مدل ثقلی، روش برنامه ریزی خطی مراجعه به کتاب مطالعه گردد.



مدلهای مربوط به تفکیک روش (طرق) سفر (انتخاب نوع وسیله سفر)

قدم بعدی برای پیش بینی سفرهای آینده اینست که درصد استفاده کنندگان از هر یک از انواع وسایل نقلیه موجود تعیین گردد.

۱-۵-۴- عوامل موثر در انتخاب وسیله سفر

انتخاب وسیله سفر براساس فرآیند پیچیده ای صورت می گیرد که به عوامل زیر بستگی دارد.

۱- خصوصیات و نوع سفر- این خصوصیات شامل هدف از سفر (در برخی از شهرها، سفرهای کاری یا وسایل نقلیه عمومی آسانتر انجام می گیرند.) ساعتی از روز که سفر در آن انجام می گیرد (سفرهای دیر وقت معمولاً با وسیله نقلیه شخصی انجام می شوند) و... میباشد.

۲- خصوصیات سفر کننده- این خصوصیات نیز شامل مالکیت یا دسترسی به وسیله نقلیه شخصی، دارا بودن گواهینامه رانندگی، ساختار خانواده (زوج جوان، زوج دارای فرزند، زوج بازنشسته و...)، درآمد، مسایل و تصمیمات مرتبط (نیاز به اتومبیل در هنگام انجام کار، ...) و... می باشند.

۳- خصوصیات مربوط به تسهیلات حمل و نقل- این خصوصیات به دو دسته تقسیم می شوند، عوامل کمی شامل زمان سفر برای هر طریق سفر، کرایه، هزینه سوخت، موجود بودن پارکینگ و هزینه آن، سایر هزینه های مستقیم و غیر مستقیم و... می باشد و عوامل کیفی که اندازه گیری آنها همانطور که قبلاً گفته شد، مشکلتر از اندازه گیری عوامل کمی می باشد و خود شامل راحتی، ایمنی، قابلیت اعتماد، مرتب و منظم بودن و... می باشد.

یک مدل مطلوب برای انتخاب طریق سفر باید دربرگیرنده مهمترین عوامل، از بین عوامل

فوق باشد.



یکی از مدل‌های انتخاب رایج که علاوه بر استفاده در برنامه ریزی حمل و نقل شهری، در مطالعات بازاریابی حمل و نقل عمومی و در تخمین تقاضای سفر نیز کاربرد دارد، مدل لجستیک می‌باشد. در این مدل تابع مطلوبیت یا همان تابع استفاده برای هر طریق سفر به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$U_x = \sum_{i=1}^n a_i X_i$$

که در آن :

$$U_x = \text{تابع مطلوبیت سفر } X.$$

$n =$ تعداد مشخصه های مورد نظر .

$a_i = \text{ضریب مشخصه } i$.

X_i = ارزش مشخصه i. (مشخصه های مانند زمان سفر، هزینه سفر، ...)

به عنوان مثال اگر تعداد مشخصه ها برای طریق سفر حمل و نقل عمومی برابر با ۳ باشد، تابع مطلوبیت این طریق در حالت کلی به صورت $U_T = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$ خواهد بود.

و اگر دو طریق سفر، یکی حمل و نقل توسط وسایل نقلیه عمومی (T) و دیگری استفاده از وسایل نقلیه شخصی (A) را در نظر بگیریم. احتمال انتخاب طریق سفر A یا همان وسیله نقلیه شخصی را می توان به صورت زیر نوشت:

$$P(A) = \frac{e^{U_A}}{e^{U_A} + e^{U_T}}$$

که در آن e عدد نیر و برابر با $(e = 2/7183)$ می باشد.

رابطه فوق، رابطه مدل لجیت بوده و این مدل، روش نسبتاً آسانی برای محاسبه و تعیین و انتخاب طریق سفر می باشد. در این مدل، برابری نسبی دو آترناتیو نسبت به هم به صورت زیر بیان شده و فقط به تابع مطلوبیت این دو آترناتیو بستگی داشته و از مطلوبیت سایر آترناتیوهای موجود مستقل می باشد.

$$\frac{P(A)}{P(T)} = \frac{e^{U_A}}{e^{U_T}}$$

این موضوع یکی از ضعفهای مدل لوجیت و دیگر مدل‌های مشابه آن می باشد و البته سادگی رابطه اخیر از مزایای این مدل است. پس از لگاریتم گیری از طرفین رابطه قبل، رابطه خطی و ساده زیر بدست

می آید:

$$\ln\left(\frac{P(A)}{P(T)}\right) = U_A - U_T$$

مثال (۱۷-۴):

برای سفرهای بین دو ناحیه i و j ، تابع مطلوبیت به صورت زیر کالیبره و تعیین گردیده است.

$$U_K = a_K - 0.25X_1 - 0.32X_2 - 0.15X_3 - 0.02X_4$$

که در آن:

U_K = مطلوبیت طریق سفر K .

X_1 = زمان دسترسی و زمان پیاده روی بر حسب دقیقه.

X_2 = زمان انتظار بر حسب دقیقه.

X_3 = زمان صرف شده در وسیله نقلیه بر حسب دقیقه.

X_4 = هزینه کلی سفر بر حسب تومان.

تعداد کل سفرهای بین دو ناحیه i که از پیش بینی مرحله توزیع سفر بدست آمده است، برابر با ۵۰۰۰ سفر در روز می باشد. مقادیر مشخصه های تابع مطلوبیت (X_1, X_2, X_3, X_4) و مقادیر ثابت (a_K) برای دو طریق سفر اتومبیل شخصی و اتوبوس محلی به صورت زیر تخمین زده شده است:

متغیر	X_1	X_2	X_3	X_4	a_K
اتومبیل شخصی (A)	۵	۰	۲۰	۱۰۰	$a_A = -0.12$
اتوبوس محلی (B)	۱۰	۱۵	۴۰	۵۰	$a_B = -0.56$

مطلوبیت هر یک از طرق سفر را بدست آورید و سپس درصد و تعداد سفرهای انجام گرفته بین این دو ناحیه به وسیله هر یک از این طرق سفر را محاسبه نمایید:

$$U_A = -0.12 - (0.25 \times 5) - (0.32 \times 0) - (0.15 \times 20) - (0.02 \times 100) =$$

$$U_A = -0.745$$

$$U_B = -0.56 - (0.25 \times 10) - (0.32 \times 15) - (0.15 \times 40) - (0.02 \times 50) =$$

$$U_B = -1.99$$

$$P(A) = \frac{e^{-0.745}}{e^{-0.745} + e^{-1.99}} = 0.7764 \approx 0.78 = 78\%$$

$$P(B) = 1 - P(A) = \frac{e^{-1/99}}{e^{-0.775} + e^{-1/99}} = 0.2236 \approx 0.22 = 22\%$$

$$T_{ij}(A) = 5000 \times 0.78 = 3900 \text{ سفر در روز}$$

$$T_{ij}(B) = 5000 \times 0.22 = 1100 \text{ سفر در روز}$$

اگر بخواهیم درآمد روزانه اتوبوس محلی را هم بدست آوریم، با توجه به تعداد سفرهای انجام شده به وسیله این طریق و مقدار ($X_f = 50$ تومان) خواهیم داشت:

$$I_T = 1100 \times 50 = 55000 \text{ تومان}$$

سایر مدلها شامل مدل لوجیت چندگانه، مدل تبدلی تفکیک طرق سفر، مدل تخمین و برآورد سریع برای سفرهای درون شهری با مراجعه به کتاب مطالعه گردد.



۶-۴- مدلهای تخصیص سفر^۱

در قسمتهای قبلی این فصل درباره تولید سفر، توزیع سفر و روشهای تفکیک طرق سفر بحث گردید. آخرین مرحله در فرآیند پیش بینی سفرها مربوط به انتخاب مسیر بین یک مبدا و یک مقصد توسط سفر کننده و به وسیله طریق سفر مورد نظر می باشد. به عبارت دیگر در این مرحله علت انتخاب یک مسیر در مقابل مسیر یا مسیرهای دیگر توسط سفر کننده را بررسی می نماییم و می خواهیم بدانیم که چه فاکتورهایی منجر به انتخاب یک مسیر در مقابل مسیر دیگر می گردد. در این قسمت تاکید ما بیشتر بر روی سفرهایی که به وسیله اتومبیل شخصی انجام می گیرد، قرار دارد، زیرا سایر طرق سفر معمولاً دارای مسیرهای متعدد بین دو ناحیه نمی باشند.

در این مرحله که به مرحله تخصیص سفر یا تخصیص ترافیک موسوم است ابتدا مسیرهای واقعی شبکه معابر مشخص شده، سپس تعداد وسایل نقلیه خصوصی و عمومی هر قسمت از شبکه معابر که برای سفر بین هر زوج مبدا و مقصد مورد استفاده قرار می گیرد، بدست می آید و بارگذاری سفر بر روی مسیرهای واقعی شبکه انجام می گیرد. از نظر تئوری اقتصاد، این مرحله را می توان به صورت یک مدل تعادلی بین تقاضای سفر (که در مراحل قبل تخمین زده شد) از یک طرف و عرضه شبکه حمل و نقل (به صورت تسهیلات فیزیکی) از طرف دیگر بیان نمود. در یک سیستم حمل و نقل، تعادل^۲ در چند سطح متفاوت رخ می دهد که ساده ترین شکل آن در شبکه راهها می باشد. در این شبکه، سفر کننده های یک ماتریس ثابت سفر، به دنبال مسیرهایی می باشند که هزینه های (یا زمانهای) سفر خود را حداقل نمایند، در نتیجه مسیرهای مختلفی را آزمایش نموده و بعد از سعی و خطا، شکل ثابتی بدست می آید. اینگونه تخصیص سفر باعث ایجاد جریان در معابر (کمانها) گردیده و در شرایطی که سفر کننده ها نمی توانند مسیرهای بهتری را برای رسیدن به مقاصدشان پیدا کنند و در بهترین مسیر

1- Trip Assignment Models

2- Equilibrium

ممکن سفر می نمایند، تعادل مورد نظر بوجود می آید. به این شکل از تعادل، تعادل در شبکه راهها گفته می شود.



۷-۶-۴- تخصیص سفرها در شبکه های متراکم

اگر تأثیرات احتمالی بودن را در نظر نگرفته و بر روی محدودیت ظرفیتی به عنوان عامل توزیع سفرها در شبکه، تمرکز نماییم، باید از مدلهای محدودیت ظرفیتی که جریان هر کمان را به هزینه سفر آن ارتباط می دهند، استفاده نماییم. این مدلهای شرایط تعادل را براساس اصول زیر در نظر می گیرند.

۱-۷-۶-۴- اصل اول تعادل^۱

این اصل بیان می کند که در شرایط تعادل، در شبکه های متراکم، ترافیک خودش را طوری تنظیم می نماید که هیچ سفرکننده ای نمی تواند هزینه مسیر خود را با تغییر آن کاهش دهد. به عبارت دیگر، اگر همه سفرکننده ها، هزینه ها را به یک فرم تصور نمایند (بدون در نظر گرفتن تأثیرات احتمالی بودن)، تحت شرایط تعادل، ترافیک خودش را در شبکه های متراکم طوری تنظیم می نماید که همه مسیرهای بین زوجهای مبادی و مقاصد دارای هزینه های حداقل یا برابر بوده و مسیرهای استفاده نشده دارای هزینه های برابر یا بیشتر باشند. به این اصل، اصل تعادل استفاده کننده^۲ نیز گفته می شود.

۲-۷-۶-۴- اصل دوم تعادل

بر طبق این اصل، در شرایط تعادل، ترافیک در شبکه های متراکم باید طوری تنظیم شود که متوسط یا کل هزینه های سفر حداقل گردد. به این اصل، اصل تعادل اجتماعی^۳ نیز گفته می شود. شایان ذکر است که اصل دوم یک اصل طراحی محسوب می شود و برخلاف اصل اول که رفتار رانندگان را برای حداقل نمودن هزینه سفر مدلسازی می نماید، مورد استفاده مهندسين و برنامه ریزان حمل و نقل می باشد و برای مدیریت ترافیک و در جهت حداقل نمودن هزینه های سفر و رسیدن به یک مقدار بهینه و حصول تعادل اجتماعی بکار می رود. بطور کلی، جریانهای منتج از هر دو

1- Wardrop

2- User Equilibrium

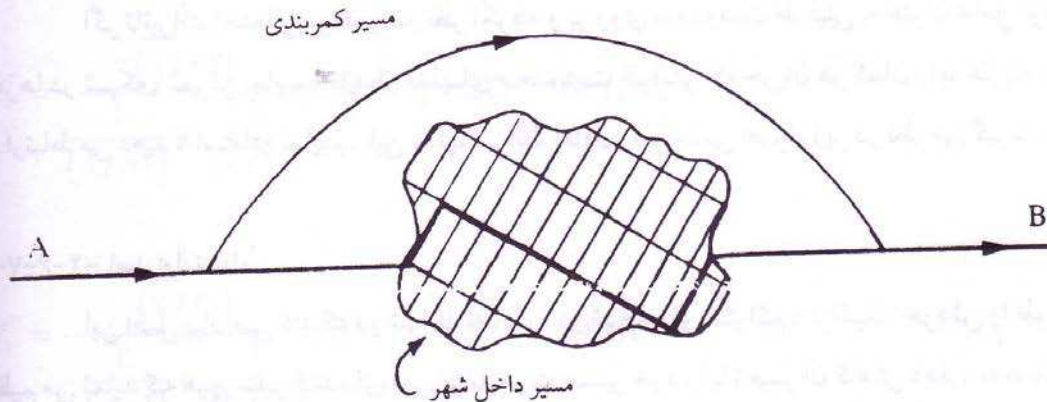
3- Social Equilibrium



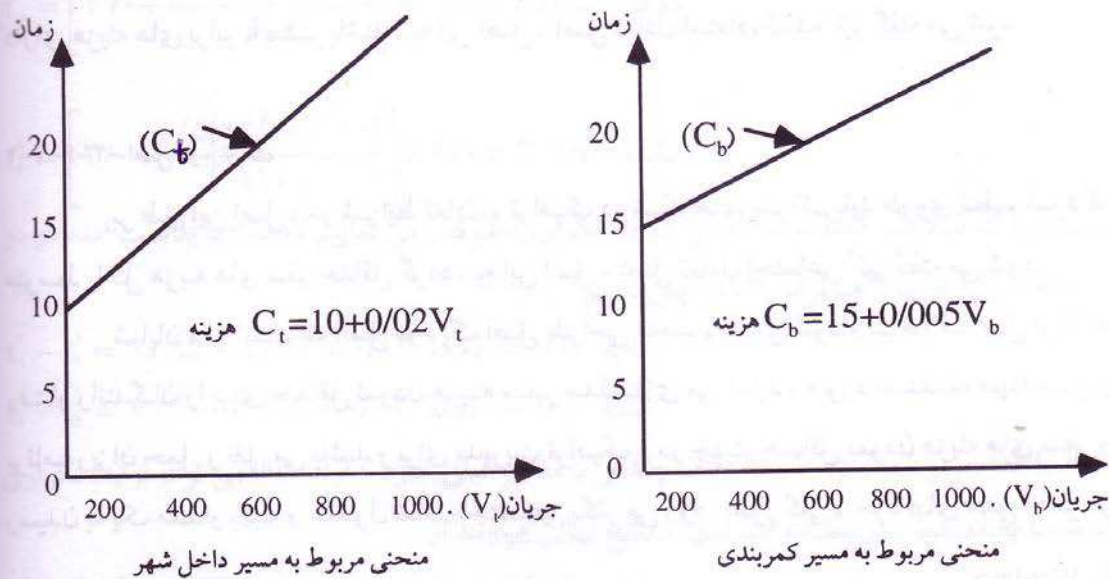
اصل یکسان نیستند. ولی در عمل می توان انتظار داشت که ترافیک خودش را با تقریب، با اصل اول تنظیم نماید. به اصل اول گاهی اصل خودخواهی^۱ نیز گفته می شود.

مثال (۴-۲۰):

در شهری، یک مسیر عبوری از داخل شهر با ظرفیت کمتر و یک مسیر کمربندی با ظرفیت بیشتر، مطابق شکل زیر وجود دارد.



محدودیت ظرفیتی برای این دو مسیر به صورت رابطه جریان - زمان به شکل منحنی های شکل زیر، داده شده است.



شکل ۴-۱۱ - رابطه جریان - زمان برای مسیرهای داخل شهر و کمربندی.

اگر مجموع کل سفرها در هر روز برابر با ۲۰۰۰ سفر باشد، براساس اصول تعادل Wardrop، این تعداد سفر را به دو مسیر موجود اختصاص دهید و هزینه سفر را در حالت تعادل بدست آورید. جریانهای دو مسیر وقتی تعادل Wardrop را ارضاء می نمایند که هزینه های مربوط به دو مسیر با هم برابر شود.

$$C_t = C_b$$

اکنون می توان برای تعادل Wardrop جوابی به صورت تابعی از مجموع کل جریان بدست آورد.

$$15 + 0.005V_b = 10 + 0.02V_t$$

$$V = V_b + V_t \rightarrow V_t = V - V_b$$

$$15 + 0.005V_b = 10 + 0.02(V - V_b)$$

$$V_b = 0.8V - 200$$

رابطه اخیر فقط برای جریانهای غیر منفی دارای معنا می باشد.

$$V_b = 0 \rightarrow V = \frac{200}{0.8} = 250$$

یعنی برای $V < 250$ ، $C_t < C_b$ بوده و خواهیم داشت:

$$V_b = 0, \quad V_t = V$$

برای حالت $V > 250$ هر دو مسیر انتخاب می شوند و برای حالت $V = 2000$ خواهیم داشت:

$$V_b = 0.8(2000) - 200 = 1400 \quad \text{سفر}$$

$$V_t = V - V_b = 2000 - 1400 = 600 \quad \text{سفر}$$

پس تعادل برای جریانها در $(V_b = 1400, V_t = 600)$ بدست می آید و هزینه سفر برای هر دو مسیر برابر با ۲۲ دقیقه خواهد بود، به صورت زیر:

$$C_t = 10 + 0.02(600) = 22 \quad \text{دقیقه}$$

$$C_b = 15 + 0.005(1400) = 22 \quad \text{دقیقه}$$

سایر روشها شامل روش منحنی انتقال، روش تخصیص با محدودیت ظرفیتی، روشهای احتمالی محض، مدل TRC با مراجعه به کتاب مطالعه گردد.



برنامه ریزی حمل و نقل درون کارخانه ای



به طور خلاصه مفاهیم اساسی و پایه ای حمل و نقل مواد که اصول هر گونه تجزیه و تحلیل مسایل حمل و نقل نیز بر پایه آنها قرار دارد، خود با تکیه بر سه عنصر مواد^۲، حرکات^۳ و روشها^۴ بنا نهاده می شود. (SHA) نیز یک روش کاربردی سازمان یافته و همه جانبه برای هر نوع مسئله و یا هر گونه پروژه مربوط به حمل و نقل مواد است که خود از سه قسمت چهارچوب فازها، الگوی روشها و مجموعه ای از معیارها و قراردادهای تشکیل یافته است.^۵

۷-۲- چهار فاز روش (SHA)

هر پروژه حمل و نقل، از مرحله بیان اهداف پروژه تا مرحله نصب فیزیکی تجهیزات، در مجموع چهار فاز زیر را پشت سر می گذارد.

- 1- Systematic Handling Analysis
- 2- Materials
- 3- Moves
- 4- Methods
- 5- R.Muther, Systematic Handling Analysis, prentic Hall, 1966



۱-۲-۷- فاز اول: امتزاج بیرونی^۱

این فاز به نحوه حمل و نقل مواد بین کارخانه و مناطق خارجی اطراف اختصاص دارد. در این بخش سازگاری کارخانه با محیط خارج از آن مورد ارزیابی قرار می گیرد و سعی می گردد کارخانه طوری طراحی شود که بتواند با محیط بیرون ارتباط مناسبی داشته باشد. همچنین در این قسمت همبستگی مسئله حمل و نقل با شرایط بیرونی یا شرایط درونی که شاید قابل کنترل یا غیر قابل کنترل هم باشند، در نظر گرفته شده و مورد ارزیابی قرار می گیرد. برای مثال تعویض وسایل نقلیه ای که بر روی سطح جاده حرکت می نمایند و یا وسایل نقلیه مربوط به تجهیزات ریلی و سرویسهای دیگری که وجود دارند، باید با خصوصیات تجهیزات حمل و نقل داخل کارخانه متناسب بوده و قابل امتزاج باشند.

۲-۲-۷- فاز دوم: برنامه کلی حمل و نقل^۲

فاز دوم در ارتباط با مسایل مربوط به برنامه کلی حمل و نقل می باشد. در این بخش، روشهای مختلف موجود برای حرکت مواد بین مناطق اصلی داخل کارخانه (کارگاههای مختلف داخلی) ارائه می گردد. تصمیمات کلی باید در رابطه با عواملی مانند: سیستم و روش حمل و نقل، تجهیزات عمومی حمل و نقل، و واحد بار حمل و نقل یا کانتینرهایی که باید بکار گرفته شود، اتخاذ گردد.

۳-۲-۷- فاز سوم: برنامه حمل و نقل همراه با جزئیات بیشتر^۳

در این مرحله، حرکات مواد بین نقاط مختلف داخل مناطق اصلی (روابط در داخل هر کارگاه) مورد بررسی قرار می گیرد. در این فاز، در مورد جزئیات مربوط به روشها و متدهای حمل و نقل، تجهیزات عمومی و کانتینرهایی که باید بکار گرفته شود، مشابه فاز دوم که در آن در مورد تصمیمات کلی بحث می گردد) تصمیم گیری می شود. همانطور که فاز دوم همیشه در ارتباط با حرکات بین ساختمانها یا کارگاههای مختلف موجود در محوطه اصلی می باشد، فاز سوم نیز همیشه در ارتباط با حرکات از محل انجام یک کار مشخص یا از محل استقرار یکی از تجهیزات به محلهای دیگر، که مجموعاً در یک کارگاه واقع هستند، می باشد. به عبارت دیگر این فاز حرکات و نحوه حمل و نقل را در داخل کارگاه بررسی می نماید.

1- External Integration

2- Overall Handing Plan

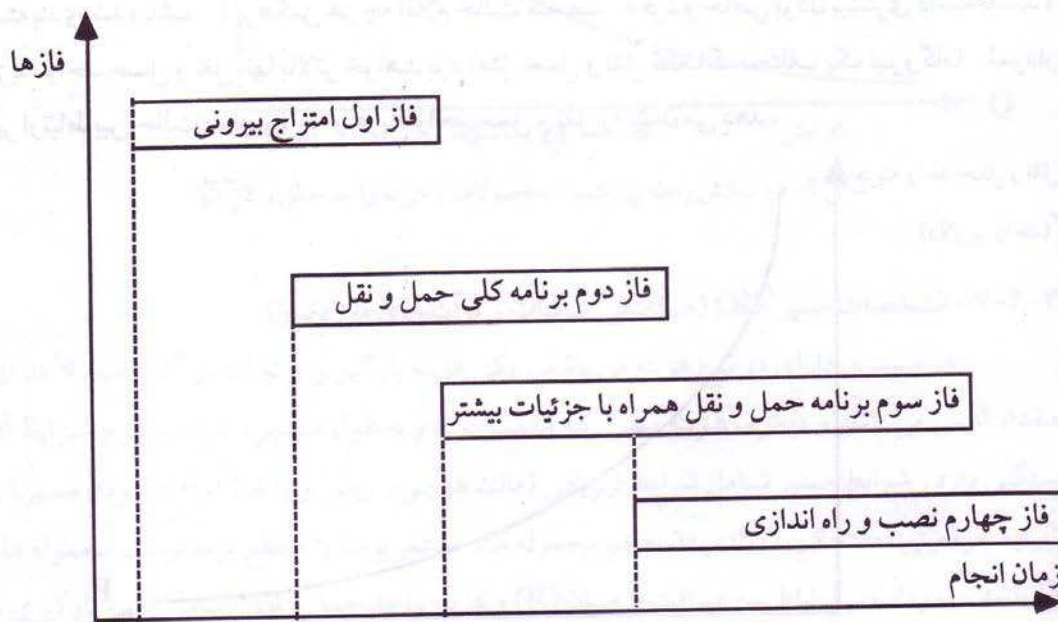
3- Detailed Handing Plans

۴-۲-۷- فاز چهارم: نصب و راه اندازی^۱

در حقیقت هیچ برنامه ای بدون وجود فاز نصب و راه اندازی نمی تواند کامل باشد. در این فاز از برنامه ریزی تحصیل تجهیزات، آموزش دادن پرسنل تا سطح قابل قبول، برنامه ریزی و زمان بندی برای نصب و راه اندازی تجهیزات و تسهیلات فیزیکی حمل و نقل صورت می گیرد. پس از آن، به مراحل عملیاتی و تجهیزات نصب شده رسیدگی می شود و در ادامه به منظور حصول اطمینان از درست کار کردن سیستم، روشهای حمل و نقل پیشنهادی مورد آزمایش قرار می گیرند.

از نظر زمانی، این چهار فاز به ترتیب شماره هایشان در ادامه یکدیگر قرار می گیرند. برای دستیابی به نتیجه بهتر، فازهای مذکور را از نظر زمان انجام به صورت نیمه روی هم^۲ یا نیمه همپوشان قرار می دهیم. (یعنی وقتی که هر فاز به نصف زمان انجام خود رسید، انجام فاز بعدی را نیز آغاز می نمایم.)

شکل (۱-۷)، فازهای برنامه ریزی سیستماتیک حمل و نقل را همراه با مقدار همپوشانی زمانی آنها نشان می دهد.



شکل ۱-۷- نمایش همپوشانی زمانی فازهای متوالی برنامه ریزی سیستماتیک حمل و نقل به میزان ۵۰ درصد.

برای مهندس تحلیلگر، فازهای اول و چهارم قسمتهای مستقلی از یک مسئله مشخص حمل و نقل مواد نیستند، به بیان دیگر این دو فاز چهارچوب و زیربنای برنامه ریزی در فازهای دوم و سوم

1- Installation

2- Overlap



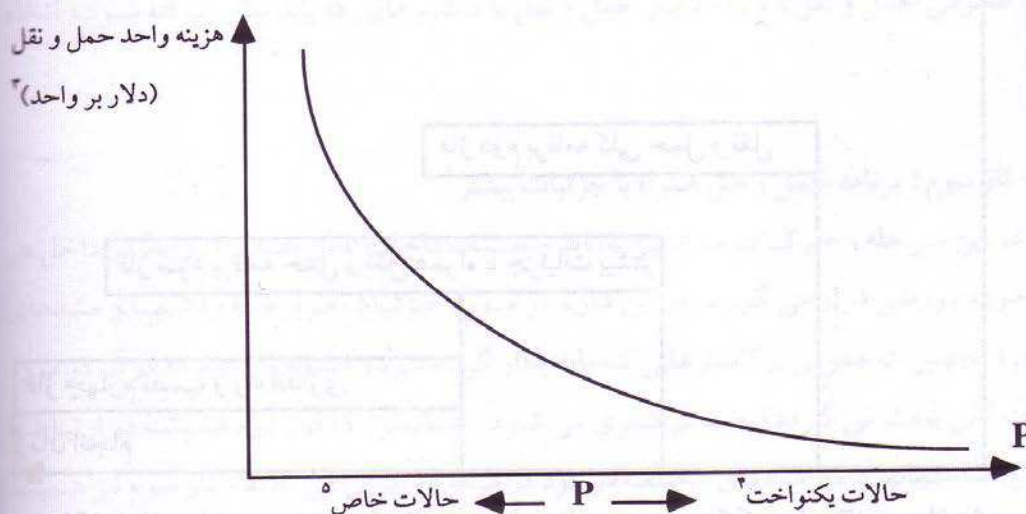
می باشند. به همین علت روش برنامه ریزی سیستماتیک حمل و نقل موسوم به (SHA)، دقت و توجه خود را بیشتر به فاز دوم (فاز برنامه کلی حمل و نقل) و فاز سوم (فاز برنامه حمل و نقل همراه با جزئیات بیشتر) معطوف می دارد.

۷-۳- عناصر کلیدی یا اطلاعات مقدماتی^۱

عناصر کلیدی یا اطلاعات مقدماتی و ابتدایی که برای تجزیه و تحلیل مسایل حمل و نقل مواد مورد نیاز می باشند، شامل اطلاعاتی راجع به مواد، کمیت، روش و مسیرها، سیستم های حمایتی و درجه اضطرار می باشند که با علائم P ، Q ، R ، S ، T مشخص شده اند.

۷-۳-۱- محصولات یا مواد^۲ (P)، (قطعات، اقلام، موارد نیمه ساخته و...)

هر چه قطعات و اقلام حالت یکنواخت تری داشته باشند، هزینه واحد حمل و نقل آنها پایین تر می آید. (مثل دانه های گندم که حالت کاملاً یکنواختی دارند، و یا اقلامی که به صورت یکنواختی بسته بندی شده باشند.) برعکس هر چه اقلام حالت منحصر به فرد و خاص بودن بیشتری داشته باشند، هزینه واحد حمل و نقل آنها بالاتر خواهد بود (مثل حمل و نقل قطعات مختلف یک نیروگاه). نمودار زیر ارتباط بین حالت محصولات و هزینه واحد حمل و نقل را نشان می دهد.



شکل ۷-۲- نمایش رابطه بین حالت محصولات و هزینه واحد حمل و نقل آنها.

1- Key Input Elements

2- Product-Material

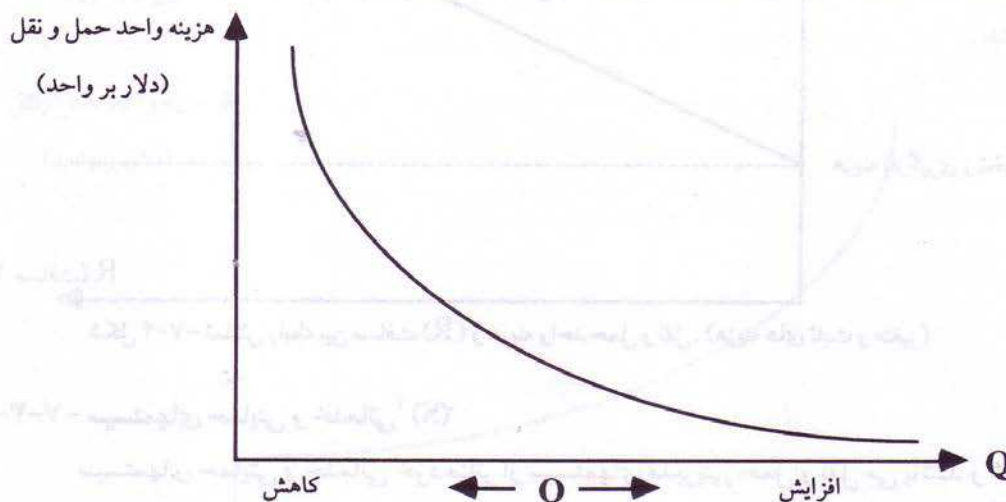
3- \$/Unit

4- Uniformity

5- Specillity

۷-۳-۲- کمیت^۱ (Q) (فروش یا حجم قرارداد)

هر چه کمیت یا مقدار محصولات برای فروش یا برای انتقال از مکانی به مکان دیگر بیشتر باشد، هزینه واحد حمل و نقل پایین تر خواهد بود، برعکس کم بودن مقدار یا تعداد محصولاتی که قرار است حمل شوند، موجب افزایش هزینه واحد حمل و نقل می گردد. نمودار شکل (۷-۳) ارتباط بین کمیت محصولات و هزینه واحد حمل و نقل را نشان می دهد.



شکل ۷-۳- نمایش رابطه بین کمیت محصولات و هزینه واحد حمل و نقل آنها.

۷-۳-۳- مشخصات مسیر^۲ (R) (هماهنگی عملیات و فرآیندهای مورد نیاز)

هر مسیری دارای دو نوع هزینه می باشد. یکی هزینه بارگیری و تخلیه بار^۳ که معمولاً دارای مقدار ثابتی می باشد و دیگری هزینه سفر^۴ که متغیر بوده و به طول مسیر، نوع مسیر و شرایط آن بستگی دارد. شرایط مسیر شامل شرایط فیزیکی (مانند هوایی، ریلی و یا خط لوله ای بودن مسیر) و شرایط موقعیتی (مانند کم یا زیاد بودن حجم محموله ها، مستمر بودن یا منقطع بوده ارسال محموله ها) می باشد. نمودار زیر ارتباط بین مسافت یا همان (R) و هزینه واحد حمل و نقل (شامل هزینه بارگیری و تخلیه، و هزینه سفر) را نشان می دهد.

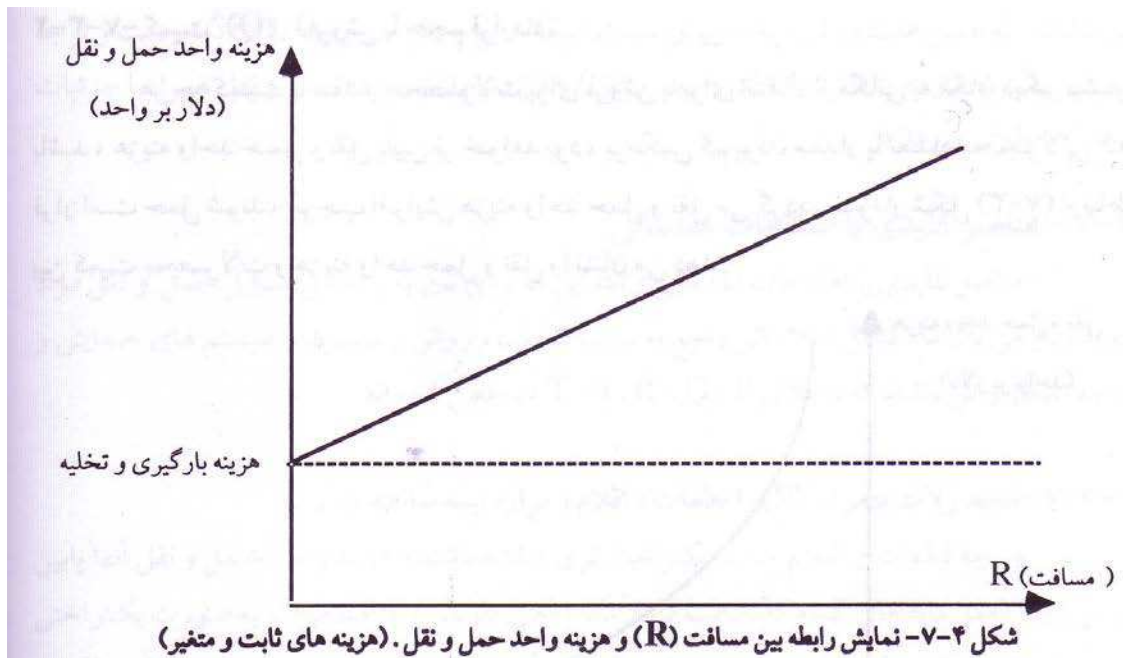
1- Quantity-Volume

2- Routing -Process Sequence or Routing Origin to Destination

3- Fixed Terminal Cost

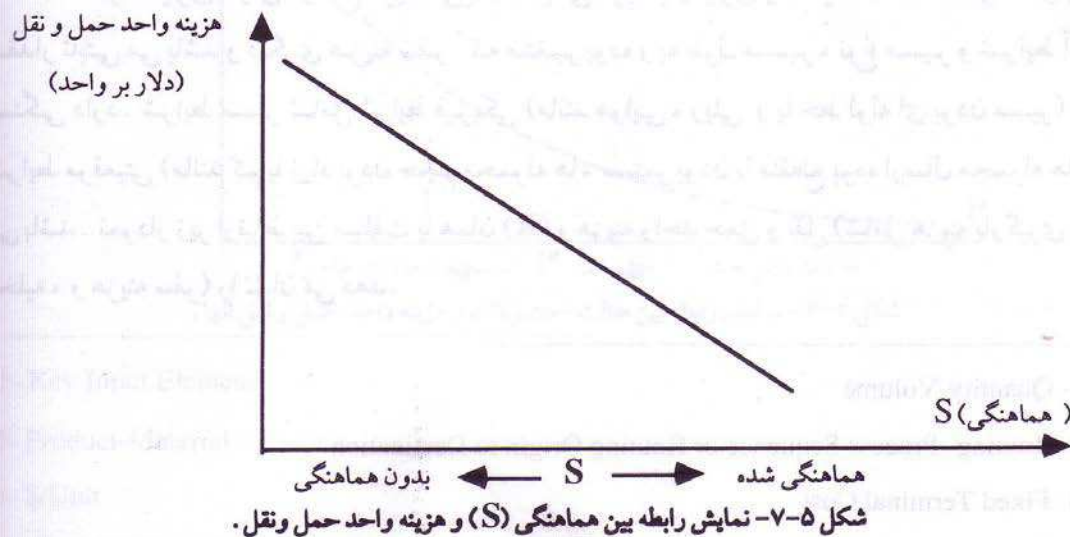
4- Varying Travel Cost





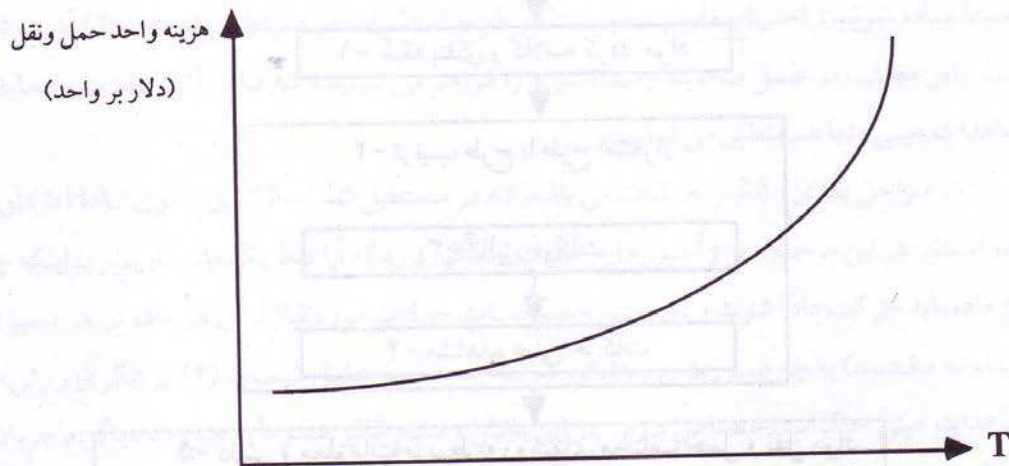
۷-۳-۴- سیستمهای حمایتی و خدماتی^۱ (S)

سیستمهای حمایتی و خدماتی خود متاثر از سیستمهای مدیریتی حمل و نقل می باشند و شامل مواردی مانند کنترل موجودی، پردازش سفارشات و نگهداری می گردند. هر چه حمل و نقل مواد با هماهنگی و برنامه ریزی شده بهتری صورت گیرد، هزینه واحد حمل و نقل کمتر و برعکس هر چه حمل و نقل مواد بدون هماهنگی قبلی باشد، این هزینه بیشتر خواهد بود. نمودار زیر ارتباط بین مقدار هماهنگی قبلی یا همان (S) و هزینه واحد حمل و نقل را نشان می دهد.



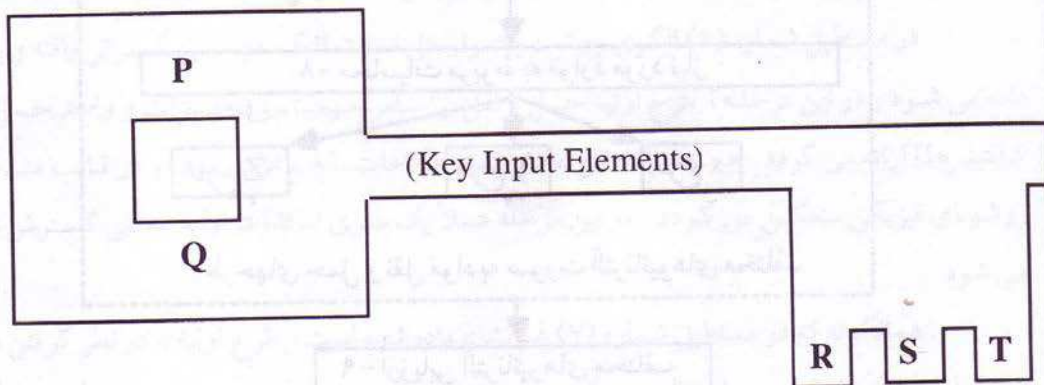
۵-۳-۷- اضطرار زمانی (T) (زمان بندی و عملیات زمانی)

در این قسمت این سؤال مطرح می گردد که «حمل بار با چه درجه ای از اضطرار انجام می گردد؟» هر چه حمل بار با فوریت و اضطرار بیشتری صورت گیرد، هزینه واحد حمل و نقل بیشتر خواهد بود، برعکس هر چه حمل بار دارای فوریت کمتری باشد، هزینه واحد حمل و نقل نیز کاهش خواهد یافت. نمودار شکل (۶-۷)، ارتباط بین درجه اضطرار و هزینه واحد حمل و نقل را نشان می دهد.



شکل ۶-۷- نمایش رابطه بین درجه اضطرار (T) و هزینه واحد حمل و نقل.

به منظور سهولت در بخاطر سپردن این عناصر کلیدی، آنها را به صورت شکل زیر نشان می دهند:

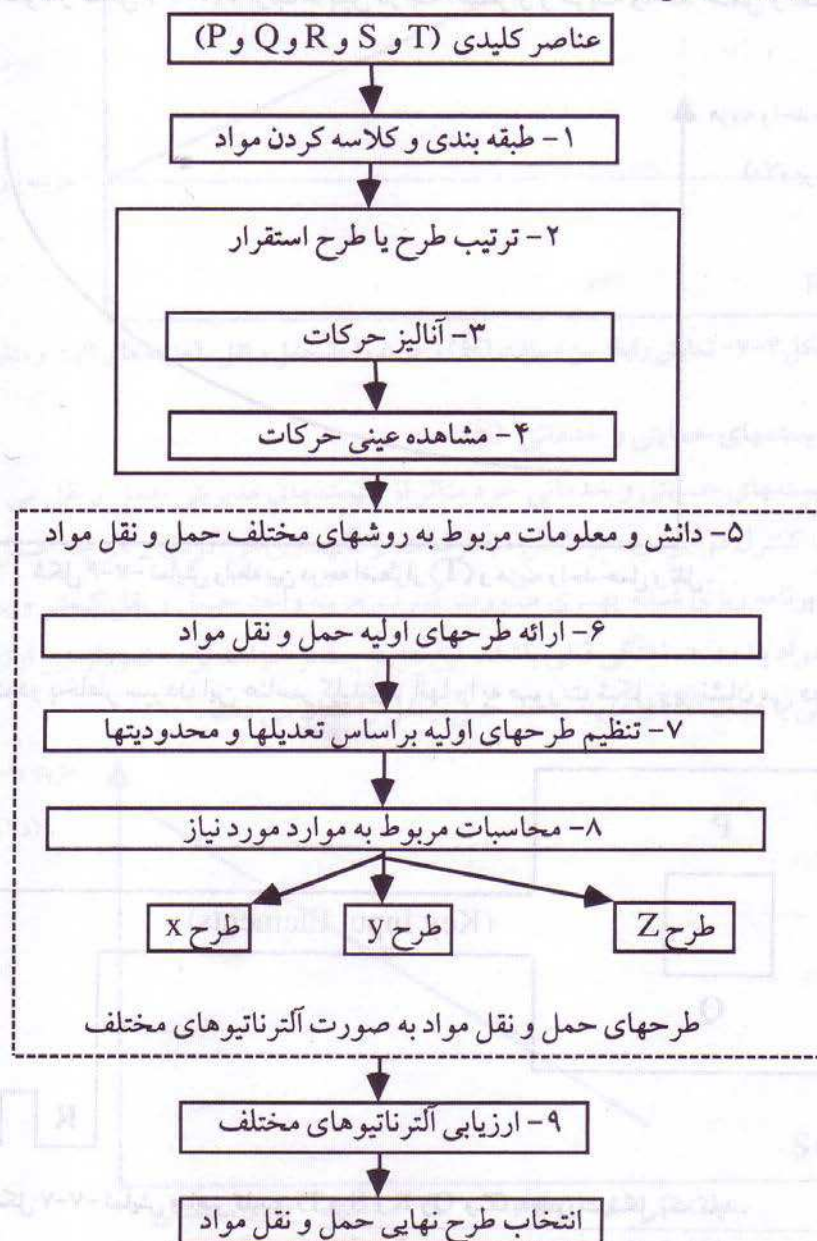


شکل ۷-۷- نمایش عناصر کلیدی (T) و S و R و Q و P به صورت شکل یک کلید.



۷-۴- الگوی جامع مراحل مختلف روش (SHA)^۱

الگوی روش تجزیه و تحلیل سیستماتیک حمل و نقل (SHA) در برگیرنده یک سری مراحل متوالی می باشد که به صورت قدم به قدم به دنبال یکدیگر قرار دارند. هر چه مسئله مورد نظر پیچیده تر باشد، این الگو از نظر صرفه جویی در وقت مفید تر خواهد بود. شکل (۷-۸) مراحل مختلف الگوی روش (SHA) را نشان می دهد.



شکل ۷-۸- نمایش مراحل مختلف الگوی روش (SHA)