دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی صنایع و برنامه‌ریزی سیستم‌ها

ساخت و پرداخت مدل انتخاب گونه سفر شهر اصفهان

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی

مولود حاجی‌مرادی

استاد راهنما

دکتر سید نادر شتاب بوشهری

استاد مشاور

دکتر علی زینل همدانی

۱۳۹۳

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی صنایع و برنامه‌ریزی سیستم‌ها

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی خانم مولود حاجی‌مرادی

تحت عنوان

ساخت و پرداخت مدل انتخاب گونه سفر شهر اصفهان

در تاریخ ۹۳/۱۰/۲۸ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر سید نادر شتاب بوشهری
۲- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر علی زینل همدانی
۳- استاد داور	دکترسید مهدی ابطحی
۴- استاد داور	دکترغلامعلی رییسی اردلی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر مهدی بیجاری

بر خود لازم می‌دانم که از توجه، راهنمایی و تشـــویق اســـتاد گرانقدر، جناب آقای دکتر سید نادر شتاب بوشهری تشکر نمایم.

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

ما حصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی‌شان آرام بخش آلام زمینی‌ام است:

به استوارترین تکیه گاهم ، دستان پر مهر پدرم

به آرامش وجودم

مادرم

و به

همراهان همیشگی ام خواهر و برادرم

و به تمام کسانی که نیک می‌اندیشند و عقل و منطق را پیشه خود نموده و جز رضای الهی و پیشرفت و سعادت جامعه هدفی ندارند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب.....هشت

چکیده..... ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱ درآمدی بر مدل سازی.....۲

۱-۲ مدل‌سازی در حمل و نقل.....۵

۱-۳ مراحل طراحی ترافیکی.....۶

۱-۳-۱ گام اول : سازماندهی و تعریف هدف ۶

۱-۳-۲ گام دوم : تهیه فهرست داشته‌های سال پایه ۶

۱-۳-۳ گام سوم : تحلیل مدل ۷

۱-۳-۴ گام چهارم : پیش‌بینی سفر ۹

۱-۳-۵ گام پنجم : ارزیابی شبکه ۹

۱-۴ بیان مسئله و اهمیت انجام کار..... ۱۰

۱-۵ اهداف پایان نامه..... ۱۱

۱-۶مروری بر فصل‌های آینده..... ۱۱

فصل دوم: مطالعات انجام شده

۲-۱ مقدمه..... ۱۲

۲-۲ عوامل تاثیر گذار بر انتخاب گونه سفر.....۱۳

۲-۳ مدل‌های انتخاب وسیله سفر..... ۱۵

۲-۳-۱ چارچوب کلی ۱۵

۲-۳-۲ مدل‌های لوجیت ۱۷

۲-۴ مدل‌های پروبیت.....۲۲

۲-۵ مدل پیشین در نظر گرفته شده برای شهر اصفهان ۲۴
۲-۶ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری..... ۲۵
فصل سوم: ساخت و پرداخت مدل
۳-۱ مقدمه..... ۲۶
۳-۲ روند کلی پژوهش..... ۲۷
۳-۳ مرحله اول: تعمیم نمونه آماری جمع‌آوری شده در سال ۱۳۹۱ ..... ۲۷
۳-۴ مرحله دوم: ساخت مدل‌های انتخاب گونه‌ی سفر ۳۰
۳-۴-۱ پایه نظری مدل‌های انتخاب گونه سفر ۳۰
۳-۴-۲ عوامل موثر در انتخاب گونه سفر ۳۲
۳-۵ طرح زوج و فرد..... ۴۱
۳-۶ نتیجه‌گیری و جمع‌بندی..... ۴۲
فصل چهارم: ارایه و تحلیل نتایج
۴-۱ مقدمه..... ۴۳
۴-۲ تعمیم(وزن‌دهی) اطلاعات حاصل از نمونه‌ی حمل‌ونقلی ساکنین شهر اصفهان ۴۴
۴-۳ برآورد اطلاعات زمان سفر برای پرداخت مدل‌های مطلوبیت انتخاب گونه سفر ۴۷
۴-۴ تخمین مدل هزینه سفر با تاکسی ۴۸
۴-۵ تخمین مدل مالکیت خودرو شخصی ۵۰
۴-۶ مرحله سوم: پرداخت و تحلیل مدل‌های مطلوبیت برای اهداف مختلف سفر براساس تابع لوجیت ۵۱
۴-۶-۱ پرداخت توابع مطلوبیت استفاده از گونه‌های مختلف برای سفرهای کاری ۵۲
۴-۶-۲ پرداخت توابع مطلوبیت گونه‌های مختلف برای سفرهای تحصیلی ۵۴
۴-۶-۳ پرداخت توابع مطلوبیت گونه‌های مختلف برای سفرهای خرید..... ۵۶
۴-۶-۴ پرداخت توابع مطلوبیت گونه‌های مختلف برای سفرهای تفریحی..... ۵۸
۴-۶-۵ پرداخت توابع مطلوبیت گونه‌های مختلف برای سفرهای کار شخصی..... ۶۰

۴-۶-۶ پرداخت توابع مطلوبیت گونه‌های مختلف برای سفرهای بازگشت به خانه ۶۲
۴-۶-۷ پرداخت توابع مطلوبیت گونه‌های مختلف برای سفرهای هیچ سر خانه ۶۴
۴-۷ مرحله چهارم: ارزیابی کارایی مدل‌های انتخاب وسیله سفر ۶۶
۴-۸ نتایج شبیه‌سازی اجرای مدل طرح زوج و فرد ۷۲
فصل پنجم: نتیجه‌گیری
۵-۱ مقدمه ۷۶
۵-۲ پیشنهادات ۷۷
پیوست‌ها ۷۹
مراجع ۸۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱- میانگین و انحراف استاندارد سن افراد خانوار به تفکیک تعداد افراد خانوار در شهر اصفهان ۴۴

جدول ۴-۲- خانوارهای شهر اصفهان به تفکیک تعداد افراد خانوار و تعداد افراد مونث در حال تحصیل در خانوار مستخرج از اطلاعات سرشماری ۱۳۹۰ (درصد) ۴۵

جدول ۴-۳- خانوارهای شهر اصفهان به تفکیک تعداد افراد خانوار و تعداد افراد مونث در حال تحصیل در خانوار مستخرج از بانک اطلاعاتی مبدا-مقصد (درصد) ۴۵

جدول ۴-۴- خانوارهای شهر اصفهان به تفکیک تعداد افراد خانوار و تعداد افراد مذکر در حال تحصیل در خانوار مستخرج از اطلاعات سرشماری ۱۳۹۰ (درصد) ۴۶

جدول ۴-۵- خانوارهای شهر اصفهان به تفکیک تعداد افراد خانوار و تعداد افراد مذکر در حال تحصیل در خانوار مستخرج از بانک اطلاعاتی مبدا-مقصد (درصد) ۴۶

جدول ۴-۶- نتایج تخمین ضرایب مدل هزینه سفر با تاکسی خطی ۴۸

جدول ۴-۷- مقداربرآورد ضرایب مدل‌های مطلوبیت استفاده از گونه‌های مختلف با هدف کار ۵۲

جدول ۴-۸- مقداربرآورد ضرایب مدل‌های مطلوبیت استفاده از گونه‌های مختلف با هدف تحصیل ۵۴

جدول ۴-۹- مقداربرآورد ضرایب مدل‌های مطلوبیت استفاده از گونه‌های مختلف با هدف خرید ۵۶

جدول ۴-۱۰- مقداربرآورد ضرایب مدل‌های مطلوبیت استفاده از گونه‌های مختلف با هدف تفریح ۵۸

جدول ۴-۱۱- مقداربرآورد ضرایب مدل‌های مطلوبیت استفاده از گونه‌های مختلف با هدف کار شخصی ۶۰

جدول ۴-۱۲- مقداربرآورد ضرایب مدل‌های مطلوبیت استفاده از گونه‌های مختلف با هدف بازگشت به خانه ۶۲

جدول ۴-۱۳- مقداربرآورد ضرایب مدل‌های مطلوبیت استفاده از گونه‌های مختلف در سفر هیچ سر خانه ۶۵

جدول ۴-۱۴- سهم هر یک از گونه‌های سفر شهر اصفهان با سناریو مختلف ۶۶

جدول ۴-۱۵- سهم هر یک از گونه‌های سفر به تفکیک مناطق ۱۲ گانه با اجرای ٪۸۰ طرح زوج و فرد ۶۷

جدول ۴-۱۶- سهم هر یک از گونه‌های سفر به تفکیک مناطق ۱۲ گانه با اجرای ٪۶۰ طرح زوج و فرد ۶۷

جدول ۴-۱۷- سهم هر یک از گونه‌های سفر شهر اصفهان با اجرای مدل و با استفاده از داده‌های واقعی ۶۹

جدول ۴-۱۸- سهم هر یک از گونه‌های سفر با تغییر بهای بنزین ۷۱

جدول ۴-۱۹- سهم هر یک از گونه‌های سفر با تغییر بهای بنزین حاصل از مدل پیشین ۷۱
جدول پ ۱-۱- تعداد خانوارهای شهرستان اصفهان به تفکیک تعداد اعضای آن ۸۰
جدول پ ۱-۲-تعداد خانوارهای شهرستان اصفهان به تفکیک تعداد دختر در حال تحصیل در خانوار ۸۰
جدول پ ۱-۳-تعداد خانوارهای شهرستان اصفهان به تفکیک تعداد پسر در حال تحصیل در خانوار ۸۱
جدول پ ۱-۴-توزیع فضایی خانوار در مناطق ترافیکی شهر اصفهان ۸۱
جدول پ ۲- ۱- مسیر خطوط ویژه تاکسیرانی ۸۲
جدول پ ۲-۱-ادامه مسیر خطوط ویژه تاکسیرانی ۸۳
جدول پ ۲-۱-ادامه مسیر خطوط ویژه تاکسیرانی ۸۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- مثال ساده‌ای از لوجیت دوجمله‌ای ۱۸

شکل ۲-۲-شمایی از مدل لوجیت آشیانه‌ای دوسطحی ۲۰

شکل ۳-۱-نمودار تابع $f(x)$ ۳۸

شکل۳-۲- هزینه سفر برحسب دقیقه ۴۱

شکل ۴-۱- هزینه سفر برحسب دقیقه ۵۰

شکل ۴-۲-نمودار مالکیت وسیله نقلیه ساکنین اصفهان ۵۱

شکل ۴-۳- حجم سفر در ساعات مختلف شبانه روز برای هدف کار ۵۲

شکل ۴-۴- حجم سفر در ساعات مختلف شبانه روز برای هدف تحصیل ۵۴

شکل ۴-۵- حجم سفر در ساعات مختلف شبانه روز برای هدف خرید ۵۶

شکل ۴-۶- حجم سفر در ساعات مختلف شبانه روز برای هدف تفریح ۵۸

شکل ۴-۷- حجم سفر در ساعات مختلف شبانه روز برای هدف کار شخصی ۶۰

شکل ۴-۸- حجم سفر در ساعات مختلف شبانه روز برای هدف بازگشت به خانه ۶۲

شکل ۴-۹- حجم سفر در ساعات مختلف شبانه روز برای هدف هیچ سر خانه ۶۴

شکل ۴-۱۰-برازش سهم وسایل سفر مختلف با اجرای ۸۰ درصدی طرح زوج و فرد بر اجرای ۶۰ درصدی آن ۶۸

شکل ۴-۱۱-برازش سهم هر یک از گونه‌های سفر به تفکیک مناطق ۱۲ گانه مقادیر برآوردی بر داده‌های واقعی ۷۰

شکل ۴-۱۲- برازش سهم هر یک از گونه‌های سفر با اهداف مختلف برای ساعت ۷ صبح ۷۰

شکل ۴-۱۳- برازش سهم هر یک از گونه‌های سفر با اهداف مختلف برای ساعت ۲ بعد از ظهر ۷۰

شکل ۴-۱۴- خیابان‌های واقع در محدوده زوج و فرد شهر اصفهان ۷۲

شکل ۴-۱۵- نتیجه تخصیص ترافیک با اجرای طرح زوج و فرد و بدون آن برای داخل محدوده‌ی اجرای طرح ۷۳

شکل ۴-۱۶- نتیجه تخصیص ترافیک با اجرای طرح زوج و فرد و بدون آن برای خارج از محدوده‌ی اجرای طرح ۷۴

چکیده

در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری، شناخت عوامل تاثیرگذار بر انتخاب گونه سفر مسافران و میزان تاثیر آن عوامل از اهمیت فراوانی برخوردار است. این شناخت باعث تحلیل دقیق ترافیک در شبکه حمل‌ونقل شهری توسط برنامه‌ریزان حمل‌ونقل و ارایه سیاست‌های ترافیکی صحیح در کوتاه مدت و برنامه‌ریزی تسهیلات حمل‌ونقلی مورد نیاز شهر در بلندمدت می‌شود. با این توصیف انتخاب وسیله سفر بخش مهمی از روند تحلیل ترافیک شهری است که تعیین‌کننده سهم وسایل نقلیه مختلف در شرایط مختلف بهره‌برداری از شبکه‌ی حمل‌ونقل شهری است.

در فاز دوم مطالعات جامع حمل‌ونقل اصفهان یک مدل انتخاب وسیله نقلیه برای شهر اصفهان ساخته شد. مدل یاد شده با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده در فاز اول این مطالعات پرداخت گردید. در این مدل تنها از دو عامل "زمان سفر با وسیله نقلیه" و "مالکیت وسیله نقلیه" به عنوان عوامل تاثیرگذار استفاده شده بود. افزایش چشمگیر قیمت سوخت در سال‌های اخیر عاملی است که ممکن است بر رفتار استفاده‌کنندگان از شبکه حمل‌ونقل شهری اثر گذاشته و انتخاب وسیله سفر توسط آن‌ها را تحت تاثیر قرار داده باشد. همچنین شلوغی ترافیکی در ناحیه مرکزی شهر اصفهان باعث شده که طرح زوج و فرد وسایل نقلیه شخصی در این ناحیه به اجرا درآمده و رفتار مسافرین جذب شده به این ناحیه را در انتخاب وسیله سفر متاثر از خود ساخته باشد. با توجه به مطالب یاد شده در بالا به نظر می‌رسد مدل انتخاب وسیله نقلیه شهر اصفهان باید مورد بازنگری قرار گیرد.

هدف از این پژوهش، ساخت مدل انتخاب وسیله نقلیه‌ای برای شهر اصفهان است که در آن علاوه بر استفاده از دو عامل " زمان سفر با وسیله نقلیه" و "مالکیت وسیله نقلیه" به عنوان عوامل تاثیرگذار، از عامل "هزینه سفر با وسیله نقلیه" هم تاثیر پذیرد. هم‌چنین ساختار مدل انتخاب وسیله به گونه‌ای تصحیح می‌گردد که اثرات طرح زوج و فرد وسایل نقلیه شخصی در ناحیه مرکزی شهر اصفهان در آن ملحوظ شود. مدل یاد شده به کمک اطلاعات حمل‌ونقلی که مستخرج از یک نمونه‌جمع‌آوری شده از شهروندان شهر اصفهان در سال ۱۳۹۱ می‌باشد، پرداخت گردید.

کلمات کلیدی: حمل‌ونقل، انتخاب وسیله سفر، هزینه سفر، طرح زوج و فرد

فصل اول

فصل اول : مقدمه

۱-۱ درآمدی بر مدل‌سازی

مهندسی عبارت است از انجام محاسبات و اتخاذ تصمیمات در فضای شبه واقعی و اعمال تصمیمات اتخاذ شده بر روی پدیده‌های واقعی. این تصمیمات معمولا براساس تخمین کمی و کیفی پیامدهای ناشی از انتخاب گزینه‌های مختلف اتخاذ می‌شوند. با توجه به این هدف، در مواجهه با مسایل مهندسی، ابتدا توصیفی کیفی از پدیده واقعی مورد بررسی ارایه می‌دهیم. این توصیف باید تعریف عوامل اصلی موثر بر رفتار پدیده (ورودی‌ها) و پیامدها و اثرات مربوط به این عوامل (خروجی‌ها) را شامل شود. در مرحله بعد، مدل ریاضی ساخته می‌شود. هدف از ساخت مدل، پیش‌بینی خروجی سیستم به ازای ورودی‌های مختلف است. بر این اساس مدل ریاضی به صورت رابطه ۱-۱ قابل نمایش است.

$$y = \psi(x;\theta) \qquad (۱-۱)$$

در این رابطه y بردار متغیرهای خروجی، x بردار متغیرهای ورودی، $\psi(.)$ تابع مدل و θ مجموعه پارامترهای مدل است. با فرض این که مجموعه مناسبی از مشاهدات رفتار سیستم موجود باشد، تابع مدل با روش سعی و خطا قابل تعیین است. هنگامی که مدل تعیین شد، به این معنی که کلیه ضرایب موجود در آن با دقت مطلوب بدست آمد، می‌توان از آن

برای پیش‌بینی رفتار سیستم استفاده کرد. به این عمل، تعمیم[۱] مدل گفته می‌شود. با توجه به این که غیر از موارد بسیار ساده، انتخاب‌های متعددی برای تابع وجود دارد، مقوله تعیین تابع مدل، تا حد زیادی به قضاوت تحلیل گر و مشاهدات انجام شده بستگی دارد. نکته قابل توجه آن است که براساس مقدمات ریاضی، بی‌نهایت منحنی می‌تواند از تعداد محدودی نقطه داده شده عبورکند. تنها شرط صحت این گزاره، عدم محدودیت در تعداد متغیرهای موجود در تابع منحنی‌هاست. به طور مشخص یکی از مشکلات محتمل در این فرایند، مشکل انطباق بیش از حد[۲] است. این مشکل باعث می‌شود که هنگام پیش‌بینی، داده‌های اولیه مرتباً بازتولید شوند و مدل عملکرد ضعیفی در تعمیم داشته باشد.

از نظر شیوه ساخت، مدل ها به سه دسته تقسیم می شوند[۲]:

۱. مدل‌های جعبه سفید[۳]: در این رویکرد، تابع مدل بر اساس یک سلسله مفاهیم نظری که سعی در توصیف پدیده مورد مشاهده دارند، تعیین می گردد. مدل توصیف جریان اتومبیل ها در یک بزرگراه، از این دسته مدل‌هاست. عموما در این مدل‌ها همه ضرایب و پارامترهای موجود دارای تفسیر و معنی واقعی هستند.

۲. مدل‌های جعبه سیاه[۴]: در این رویکرد، تابع مدل بر اساس مسایل عملی تعیین می گردد. معمولا هنگامی که تئوری نظری جامعی برای توصیف رضایت بخش پدیده موجود نیست، از این شیوه استفاده می‌شود. تفسیر پارامترهای تابع مدل در این رویکرد عموما مشکل است. شبکه های عصبی مصنوعی در این دسته قرار می گیرند.

۳. مدل‌های جعبه خاکستری[۵]: هر ترکیبی از دو رویکرد پیش گفته، مدل جعبه خاکستری نامیده می‌شود. عموما در مواردی که تئوری‌های نظری موجود، تا حدی از عهده توصیف پدیده بر می‌آیند، این رویکرد بر گزیده می‌شود. از نمونه‌های کاربرد این رویکرد، مسایلی است که به نوعی به تصمیمات انسانی مربوط می‌شوند مانند مدل‌های انتخابی اقتصادسنجی و به ویژه مدل‌های تصادفی مطلوبیت.

---

[۱] Generalization

[۲] Over-fitting

[۳] White box

[۴] Black box

[۵] Gray box

وقتی نوع تابع مدل‌سازی مشخص شد، پرداخت (کالیبراسیون) پارامترها به منظور باز تولید بهینه شرایط مشاهده شده (مجموعه داده‌ها)، انجام می‌شود. فرض کنیم m تعداد مشاهدات در نمونه موجود و x_j و y_j به ترتیب jامین ورودی و خروجی مشاهده شده باشند. همچنین فرض کنیم S مجموعه مشاهدات در دسترس (مجموعه داده‌ها) باشد به گونه‌ای که :

$$S = \{(x_j, y_j), j = ۱,..., m\} \qquad (۲-۱)$$

تابع کالیبراسیون را با نماد $\kappa(\theta;S)$ به عنوان اندیسی برای اندازه گیری میزان بازتولید داده‌های نمونه توسط مجموعه پارامترهای فعلی موجود در مدل، تعریف می‌کنیم. مجموعه پارامترهایی که بهترین مقدار κ را بدست دهند، مناسب‌ترین مجموعه پارامترها برای مدل خواهند بود. در مواردی که بتوان از روش‌های آماری مانند حداکثر راستنمایی[۱] یا حداقل مربعات استفاده کرد، مقادیر بدست آمده برای پارامترها، تقریبی آماری از مقادیر واقعی آن‌هاخواهد بود. اگر فضای خروجی‌های سیستم، متریک باشد و $\delta(.)$ فاصله خروجی‌های تولید شده از خروجی‌های مطلوب باشد، خواهیم داشت :

$$\kappa(\theta;S) = \sum_j \delta(y_j, \psi(x_j;\theta)) \qquad (۳-۱)$$

باید توجه داشت که حتی در شرایطی که مدل با پارامترهای متناظر با مقدار بهینه κ پرداخت شده است، امکان دارد عملکرد مدل از دقت کافی برخوردار نباشد.این مساله ممکن است به این دلیل باشد که تحلیل‌گر اساسا تابع مناسبی را برای پرداخت انتخاب نکرده است و یا اشتباهات آماری در داده‌های جمع‌آوری شده وجود داشته است. براین‌اساس لازم است قبل از این که مدل برای تعمیم مورد استفاده واقع شود،کارایی آن مورد ارزیابی قرار گیرد. به این مرحله، اعتبار سنجی[۲] مدل گفته می‌شود. گذشته از سازگاری مدل با فروض اولیه، کیفیت تقریب[۳] و قوت[۴] مدل در این گام مورد بررسی قرار می‌گیرند. کیفیت تقریب نشان‌دهنده توانایی مدل در نمایاندن رفتار سیستم واقعی است. قوت مدل بیانگر پایداری مدل در هنگام تغییرات جزیی در داده‌های پرداخت یا ورودی‌های مدل است. اقدام دیگری که معمولا به لحاظ هزینه بالا از آن صرفنظر می‌شود، استفاده از دو مجموعه کاملا متفاوت مشاهدات برای اعتبار سنجی مدل است. پس از این

---

[۱] Maximum Likelihood

[۲] Validation

[۳] Quality of approximation

[۴] Robustness

که اعتبار مدل تایید شـد، می‌توان آن را با مدل‌های معتبر دیگر مورد مقایسه قرار داد. این مقایسات معمولا از جنبه کارایی، سرعت محاسبه و حافظه کامپیوتری مورد نیاز مدل انجام می‌شود.

۱-۲ مدل‌سازی در حمل و نقل

ریشـه مشـکلات ترافیکی کلانشـهرها عمدتا نزدیک شـدن تعداد خودروهای تردد‌کننده به ظرفیت شـبکه خیابانی شـهرهاست. حاصل این تقرب ایجاد ازدحام در خیابان‌ها می‌باشد که علاوه بر تاثیرگذاری منفی بر کلیه فعالیت‌های شهری و پیامدهای زیان بار اقتصـادی، اجتماعی و زیسـت محیطی، باعث پیچیده شـدن مسـایل پیش‌روی سیاست‌گذاران شهری و در نتیجه افزایش احتمال سـیاسـت‌گذاری‌های نا مناسـب می‌گردد. مطالعات جامع حمل‌ونقل در کلانشهرها با ایجاد امکان مدل‌سـازی راهکارهای مختلف و بررسـی نتایج اعمال راهبردها قبل از عملی شـدن آن‌ها، مهم‌ترین عامل کمک‌کننده به سـیاسـت‌گذاران برای تدوین راهکارهای ترافیکی مناسـب می‌باشـد. مدل‌سـازی ترافیک بر مجموعه‌ای از الزامات اسـتوار اسـت. مهم‌ترین این الزامـات عبـارتنـد از : شـمـارش پـذیر بودن، پـایدار بودن، قابل پیش‌بینی بودن رفتارهای ترافیکی و وابسـتگی مسـتقیم تقاضـای ترافیکی به چگونگی کاربری زمین. برخی دیگر از ویژگی‌های لازم برای مدل تقاضـا محور ترافیک عبارتند از [۳]:

- **حساسیت** : مدل باید نسبت به سیاست‌ها ی ترافیکی حساس باشد تا برای پیش‌بینی پیامدهای اعمال سیاست‌های آتی مفید واقع شود.
- **واقع‌بینی** : مدل باید بتواند بین رفتار و انتخاب‌های افراد و ویژگی‌های شبکه ترافیکی ارتباط درست ومنطقی برقرار کند.
- **انعطاف‌پذیری** : مدل باید بتواند بدون نیاز به جمع‌آوری اطلاعات جدید در طراحی‌های مختلف قابل استفاده باشد.
- **قابلیت انتقال** : مدل باید بدون نیاز به باز تخمین، قابلیت کاربرد در مناطق مختلف را داشته باشد.
- **کارآیی** : مدل باید حداکثر دقت پیش‌بینی به ازای واحد پول هزینه شـده برای جمع‌آوری داده‌های سـازنده را داشته باشد.

۱-۳ مراحل طراحی ترافیکی

رویکرد سنتی به طراحی ترافیکی شامل مراحل زیر است که اغلب به ترتیب ارایه شده در زیر انجام می‌شوند :

۱-۳-۱ گام اول : سازماندهی و تعریف هدف :

در رویکرد سنتی، هدف عمده از مطالعات حمل‌ونقل در مناطق شهری ارزیابی گزینه‌های مختلف ساخت راه (اعم از بزرگراه‌های شهری و خیابان) برای افزایش ظرفیت شبکه حمل‌ونقل است. سایر اهداف مورد نظر نیز غالبا معطوف به ویژگی‌های کارکردی شبکه از قبیل افزایش ایمنی، کاهش زمان سفر، کاهش هزینه‌های کارکردی مانند مصرف سوخت و استهلاک خودرو و افزایش کارآیی و تحرک وسایل نقلیه می‌باشد. از حدود ۳۰ سال پیش تا کنون مسایل مربوط به محیط زیست و بهینه‌سازی شبکه حمل‌ونقل عمومی نیز به فهرست اهداف حمل‌ونقل اضافه شده است.

خیابان‌بندی منطقه مورد مطالعه و نحوه توزیع جمعیت و ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی از طرحی به طرح دیگر فرق می‌کنند. همچنین نوع مطالعه در کشورها و مناطق مختلف متفاوت است. مطالعات ممکن است بلند مدت یا کوتاه مدت و ضربتی باشند. ممکن است هدف از یک طرح پیشنهاد امکانات جدید ترافیکی از قبیل پارکینگ، پایانه و خطوط حمل‌ونقل عمومی باشد و ممکن است هدف از طرح، پیشنهاد مسیر بهینه یک بزرگراه جدید و رمپ‌های متصل به آن باشد. این تفاوت‌ها به همراه تفاوت‌هایی در نیروی انسانی مجری طرح و عوامل دیگر لزوم سازماندهی و هدف‌گذاری دقیق اولیه را گوشزد می‌کند.

۱-۳-۲ گام دوم : تهیه فهرست داشته‌های سال پایه :

این مرحله به دلیل نیاز به جمع‌آوری اطلاعاتی که در حالت عادی گردآوری نمی‌شود، معمولا پرهزینه‌ترین قسمت کار است. داشته‌های سال پایه در چهار گروه دسته‌بندی می‌شوند:

- **امکانات حمل و نقلی:**

در این گروه، شبکه موجود با خیابان‌ها و تقاطع‌ها و گره‌ها مشخص می‌شود. مرز ناحیه مورد مطالعه و نواحی مجزای درون مرز مشخص می‌شوند. تعیین مرز نواحی قدم بسیار مهمی است زیرا در عین این که نواحی باید از نظر ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی متفاوت باشند، تعداد نواحی پیچیدگی مساله را تعیین می‌کند و انتخاب نادرست ناحیه‌ها باعث از بین‌رفتن اطلاعات و تحلیل نادقیق می‌گردد. تعداد نواحی معمولا بین ۱۰ تا ۱۰۰۰ و مساحت آن‌ها بین مساحت چند واحد ساختمانی و چند کیلومتر مربع متغیر می‌باشد . در مرحله بعد ، اطلاعات مربوط به شبکه موجود جمع‌آوری

می‌گردد. این اطلاعات شامل جریان ترافیک، سرعت، تاخیر یا زمان سفر، طول لینک‌ها، ظرفیت لینک‌ها، و کیفیت خدمات‌رسانی شبکه حمل‌ونقل عمومی می‌باشد. این اطلاعات از طریق سیستم‌های کنترل ترافیک و یا از طریق سرشماری بدست می‌آیند.

- **الگوی سفر**:

اطلاعات مربوط به جابجایی‌ها در این مرحله گردآوری می‌شود. این اطلاعات برای سفرهای داخل ناحیه، سفرهای عبوری، سفرهای خارج به داخل و داخل به خارج جمع‌آوری می‌شوند.

- **جمعیت و فعالیت اقتصادی**:

این اطلاعات به همراه اطلاعات مربوط به کاربری زمین، رابطه بین جابجایی کالا و افراد را با توزیع و شدت کاربری زمین نشان می‌دهد. اطلاعاتی که عموما در این قسمت جمع‌آوری می‌شوند عبارتند از: الگوی تاریخی جمعیت (توزیع گذشته، مهاجرت، تراکم و روند رشد)، روند اشتغال و اشتغال فعلی، فعالیت‌های اقتصادی (مانند الگوی سرمایه‌گذاری در تولید کالاها و خدمات) و امکانات مربوط به حمل‌ونقل (ساختار کلی منابع حمل‌و نقلی محلی)

- **کاربری زمین**:

در این قسمت اطلاعاتی مانند روند رشد و الگوی شهرنشینی، محدودیت‌های فیزیکی توسعه مناطق، مساحت زمین‌های خالی و مسکونی، موقعیت مراکز عمده تولید سفر، مناطق مختلف اجتماعی و مرزهای آن‌ها گردآوری می‌شود .

۱-۳-۳ گام سوم : تحلیل مدل:

هدف این مرحله بدست آوردن رابطه بین عوامل اندازه‌گیری شده در گام دوم و کالیبره کردن این روابط برای سال پایه می‌باشد. روابط مورد نظر از طریق اجرای مراحل زیر بدست می‌آیند. قبل از شروع الگوریتم لازم است منطقه مورد مطالعه به نواحی مناسب افراز شود. ناحیه‌بندی مناسب به گونه‌ای است که ساکنان هر ناحیه از نظرشرایط اقتصادی- اجتماعی مشابه بوده و مرز نواحی بر مرزهای مشخص ترافیکی مانند خیابان‌ها منطبق باشند.

مرحله اول : تولید سفر (trip generation):

در این مرحله مدل‌هایی برای تعیین تعداد سفرهای آغاز شده و پایان یافته در هریک از نواحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان تولید و جذب سفر مربوط به هر ناحیه، تابعی از ویژگی های اقتصادی- اجتماعی، موقعیت و کاربری زمین

در ناحیه مورد نظر می‌باشد و نتایج مدل‌ها شامل دسته‌بندی‌هایی بر اساس اهداف گوناگون سفر مانند کار و تفریح و خرید و غیره می‌باشند.

مرحله دوم : توزیع سفر(trip distribution):

در این مرحله مدل‌های توصیف‌کننده میزان سفرهای انجام شده از یک مبدا ناحیه‌ای به یک مقصد ناحیه‌ای دیگر ، مشخص و کالیبره می‌شوند. این فرمول‌ها عموما توابعی از میزان تولید و جذب سفر هر ناحیه (که در مرحله اول بدست آمده است) و هزینه سفر بین نواحی مختلف می‌باشند. از جمله این مدل‌ها می‌توان به مدل‌های ضریب رشد شامل ضریب ثابت، ضریب متوسط و مدل‌های تحلیلی شامل مدل جاذبه و مدل‌های فرصت و مدل‌های الکترواستاتیکی اشاره نمود.

مرحله سوم : پخش بین گونه‌ها (modal split):

نتیجه‌ای که در این قسمت بدست می‌آید مشخص می‌کند که نسبت سهم هر یک از گونه‌های سفر از سفرهای انجام شونده بین یک مبدا و مقصد ناحیه ای چه مقدار است. در ابتدا گونه‌های مختلف سفر در دو دسته عمده شامل اتومبیل شخصی و وسایل عمومی دسته بندی می‌شوند. مدل‌های پخش بین گونه‌ها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند [۴]. مدل‌های انتهایی سفر[۱] و مدل‌های مبادله‌ای سفر[۲]. در مدل‌های انتهایی تعیین سهم هر یک از گونه‌های سفر بعد از مرحله توزیع سفر انجام می‌گیرد در حالی که در مدل‌های مبادله‌ای پخش گونه‌ها قبل از مرحله توزیع سفر انجام می‌شود. روال ترتیبی ما بر اساس مدل انتهایی مطرح می‌شود. یکی از مزایای روش انتهایی این است که بین توزیع گونه‌ها در نواحی مختلف تمایز قایل می‌شود در حالی که در مدل مبادله‌ای توزیع گونه‌ها در سفرهای بین هر جفت مبدا و مقصد یکسان است.

مرحله چهارم : تخصیص ترافیک (traffic assignment):

در این مرحله سفرهای مبدا – مقصد ناحیه‌ای به مسیرهای مختلف تخصیص می‌یابد تا حجم ترافیک و زمان سفر در قسمت‌های مختلف شبکه معلوم گردد. قاعده کلی برای انجام تخصیص این است که مسافرین سعی می‌کنند هزینه

---

[۱] End trip models

[۲] Trip interchange models