

۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش راه و ترابری

مکان یابی ایستگاه‌های راه آهن در تهران با استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

اساتید راهنما:

دکتر محمد سعید منجم

دکتر علی ادیسی

استاد مشاور:

دکتر سید محمد سادات حسینی

نگارش:

سعید ستوده

شهریور ماه ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیر و تشکر

از زحمات و راهنمایی‌های اساتید گران‌قدم جناب آقای دکتر منجم و دکتر ادریسی که در تمامی

مراحل این پژوهش مرایاری نمودند و همچنین جناب آقای دکتر سادات حسینی که با در اختیار قرار

دادن اطلاعات و وقت ارزشمندشان مرایاری نمودند، تشکر می‌نمایم.

تقدیم بہ پدر و مادر عزیزم؛

کہ نخط نخط زندکیم رایدیون فداکاری آہنا، مستم.

## چکیده

سفرهای ریلی جزو ارزانترین و ایمنترین مدهای حمل و نقلی بین شهری در جهان محسوب می شوند و ایستگاه قطار حیاتی ترین بخش خطوط ریلی و رابط مردم با این سیستم حمل و نقل است. در طی ۷۵ سالی که از احداث اولین خط ریلی در ایران می گذرد، خطوط ریلی در سطح کشور گسترش یافته و ایستگاهها نیز متناسب با آن بیشتر شده اند اما ایستگاه تهران در این چند سال متناسب با افزایش تقاضا برای استفاده از خطوط ریلی گسترش نیافته است و در آینده با توجه به پیش بینی ورود بیش از ۱۵۰ هزار نفر مسافر به این ایستگاه، نیاز به افزایش ظرفیت مسافری راه آهن در تهران بیشتر مورد توجه قرار می گیرد. هدف از انجام این پایان نامه مکان یابی ایستگاه های راه آهن در تهران و افزایش ظرفیت مسافری خطوط ریلی تهران است. برای این منظور پارامترهای موثر در محل ایستگاه تعیین شده و چهار گزینه افزایش ظرفیت ایستگاه فعلی، ایجاد ایستگاه ترمینال برای مسیر مشهد، ایجاد ایستگاه ترمینال برای مسیر جنوب و انتقال ایستگاه به پرند به عنوان گزینه های محتمل در جهت افزایش ظرفیت خطوط ریلی مطرح گردید. پارامترهای موثر با استفاده از سیستم تصمیم گیری چندمعیاره فازی و نظر خبرگان مورد ارزیابی قرار گرفت و عدد فازی مرتبط با هر کدام از این معیارها با نظر خبرگان مشخص شد. با نظر کارشناسان در زمینه حمل و نقل و راه آهن وضعیت هر کدام از این گزینه ها نسبت به پارامترهای موثر با استفاده از متغیرهای زبانی سنجیده شد و نظرات با استفاده از روش *TOPSIS* فازی مورد تحلیل قرار گرفت و گزینه های مطرح شده الویت بندی گردید. پس از بررسی گزینه ها با روش فوق مشخص شد، گزینه های مربوط به ایجاد ایستگاه ترمینال در بین گزینه ها دارای الویت بیشتری می باشد و ایجاد ایستگاه ترمینال برای مسیر مشهد، به عنوان گزینه ای با بیشترین الویت در جهت افزایش ظرفیت مسافری در تهران معرفی گردید.

**کلمات کلیدی:** ایستگاه، مکان یابی، شاخص های موثر، سیستم تصمیم گیری چندمعیاره، *TOPSIS* فازی

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
أ.....	فهرست مطالب
ه.....	فهرست جدول ها
ز.....	فهرست شکل ها
۲.....	فصل ۱- کلیات
۲.....	۱-۱- مقدمه
۳.....	۲-۱- تعریف مسئله
۳.....	۳-۱- ضرورت تحقیق
۴.....	۴-۱- اهداف تحقیق
۴.....	۵-۱- محدودیت های تحقیق
۴.....	۶-۱- روش تحقیق
۵.....	۷-۱- ساختار پایان نامه
۸.....	فصل ۲- مفاهیم پایه و مرور منابع
۸.....	۱-۲- مقدمه
۸.....	۲-۲- انواع ایستگاه های راه آهن
۹.....	۱-۲-۲- ایستگاه میانی
۱۰.....	۲-۲-۲- ایستگاه کاربردی

- ۱۰..... ابر ایستگاه ..... ۳-۲-۲
- ۱۲..... ایستگاه ترمینال ..... ۴-۲-۲
- ۱۴..... ایستگاه مانوری ..... ۵-۲-۲
- ۱۵..... پارامترهای موثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های راه‌آهن ..... ۳-۲
- ۱۸..... تعریف معیارها ..... ۴-۲
- ۱۸..... دسترسی ..... ۱-۴-۲
- ۱۹..... زمینه اجرایی و اقتصادی ..... ۲-۴-۲
- ۲۱..... شهرسازی و محیط‌زیست ..... ۳-۴-۲
- ۲۵..... پارامترهای ریلی ..... ۴-۴-۲
- ۲۶..... معرفی سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ..... ۵-۲
- ۲۷..... تصمیم‌گیری چند هدفه ..... ۱-۵-۲
- ۲۷..... تصمیم‌گیری چندشاخصه ..... ۲-۵-۲
- ۲۹..... مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه ..... ۶-۲
- ۳۱..... روش‌های جبرانی تصمیم‌گیری چندشاخصه ..... ۷-۲
- ۳۱..... روش *AHP* ..... ۱-۷-۲
- ۳۱..... روش *ANP* ..... ۲-۷-۲
- ۳۲..... روش وزن‌دهی ساده (*SAW*) ..... ۳-۷-۲
- ۳۳..... روش شباهت به گزینه ایده‌آل (*TOPSIS*) ..... ۴-۷-۲
- ۳۴..... روش تسلط تقریبی (*ELECTRE*) ..... ۵-۷-۲
- ۳۵..... معرفی نظریه فازی ..... ۸-۲
- ۳۵..... اعداد فازی و متغیرهای زبانی ..... ۱-۸-۲

۴۱.....	۹-۲- امکانات ریلی در شهرهای بزرگ جهان
۴۱.....	۲-۹-۱- ایستگاه‌های لندن
۴۳.....	۲-۹-۲- ایستگاه‌های پاریس
۴۵.....	۲-۹-۳- ایستگاه‌های مسکو
۴۶.....	۲-۱۰- تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی
۴۷.....	۲-۱۱- جمع‌بندی
<b>۴۹.....</b>	<b>فصل ۳- روش کار و جمع‌آوری داده‌ها</b>
۴۹.....	۳-۱- مقدمه
۴۹.....	۳-۲- راه‌آهن ایران
۴۹.....	۳-۲-۱- مقدمه
۵۰.....	۳-۲-۲- خطوط ریلی فعلی کشور
۵۲.....	۳-۳- ایستگاه‌های اقماری اطراف تهران
۵۹.....	۳-۴- ایستگاه راه‌آهن تهران
۶۲.....	۳-۵- گزینه‌های پیشنهادی
۶۳.....	۳-۵-۱- توسعه ایستگاه فعلی راه‌آهن تهران
۶۴.....	۳-۵-۲- ایستگاه ترمینال برای مسیر مشهد
۶۶.....	۳-۵-۳- ایستگاه ترمینال برای مسیر جنوب
۶۷.....	۳-۵-۴- انتقال ایستگاه به شهر پرند
۶۸.....	۳-۶- روش <i>TOPSIS</i> فازی
۷۴.....	۳-۷- جمع‌بندی



فصل ۴- تحلیل داده‌ها	۷۶
۴-۱- مقدمه	۷۶
۴-۲- هدف، معیارها و گزینه‌ها	۷۶
۴-۳- تهیه پرسشنامه	۷۸
۴-۴- تحلیل پرسشنامه‌ها	۸۰
۴-۵- جمع‌بندی	۸۹
فصل ۵- نتیجه‌گیری	۹۲
۵-۱- خلاصه	۹۲
۵-۲- نتایج	۹۲
۵-۳- پیشنهادات	۹۳
فهرست مراجع	۹۴
ضمائم	۹۷

## فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲ میزان آلودگی صوتی ایجاد شده در خطوط ریلی انگلیس.....	۲۳
جدول ۲-۲ میزان آلودگی صوتی در خطوط ایران.....	۲۳
جدول ۳-۲ استاندارد صدا در هوای آزاد ایران، مصوب شورایعالی محیط زیست.....	۲۴
جدول ۴-۲ تفاوت مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه و چند هدفه.....	۲۸
جدول ۵-۲ انواع روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه.....	۳۰
جدول ۶-۲ ایستگاه‌های قطار در شهر لندن.....	۴۲
جدول ۷-۲ مشخصات ایستگاه‌ها در شهر پاریس.....	۴۴
جدول ۸-۲ مشخصات ایستگاه‌های قطار در شهر مسکو.....	۴۶
جدول ۱-۳ پیش بینی میزان مسافرین جابجا شده از ایستگاه تهران در سال ۱۴۰۰.....	۶۱
جدول ۲-۳ اعداد فازی متناظر با متغیرهای زبانی در ارزیابی معیارها.....	۷۳
جدول ۳-۳ اعداد فازی متناظر با متغیرهای زبانی در ارزیابی گزینه‌ها.....	۷۳
جدول ۱-۴ ترکیب شرکت کنندگان در نظرسنجی.....	۷۹
جدول ۲-۴ نتایج حاصل از پرسشگری در مورد اهمیت معیارها در مکان‌یابی ایستگاه تهران.....	۸۱
جدول ۳-۴ اعداد فازی اختصاص داده شده توسط پرسش‌شوندگان.....	۸۲

جدول ۴-۴ نتایج ارزیابی گزینه‌ها با توجه به معیارها ..... ۸۴

جدول ۴-۵ حاصلضرب ارزیابی گزینه‌ها در اهمیت معیارها ..... ۸۵

جدول ۴-۶ مقادیر فاصله هر یک از گزینه‌ها از حل‌های ایده‌آل مربوط به هر معیار ..... ۸۸

جدول ۴-۷ مقادیر فاصله هر یک از گزینه‌ها از حل‌های ضدایده‌آل مربوط به هر معیار ..... ۸۸

جدول ۴-۸ ضریب نزدیکی نسبی برای هر یک از گزینه‌ها ..... ۸۹

## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۶.....	شکل ۱-۱ ساختار پایان نامه .....
۹.....	شکل ۱-۲ پلان خطوط کمکی در ایستگاه میانی .....
۱۰.....	شکل ۲-۲ نمونه‌ای از چیدمان خطوط در ایستگاه کاربردی .....
۱۱.....	شکل ۲-۳ نمونه‌ای از ابرایستگاه در شهر نبراسکای آمریکا .....
۱۳.....	شکل ۲-۴ نحوه قرارگیری ایستگاه‌های ترمینال در سطح شهر .....
۱۳.....	شکل ۲-۵ ایستگاه ترمینال و نحوه قرارگیری بین خیابان‌های اطراف .....
۱۴.....	شکل ۲-۶ نمونه‌ای از ایستگاه مانوری و نحوه قرارگیری خطوط .....
۱۵.....	شکل ۲-۷ مدل سلسله مراتبی برای مکان‌یابی ایستگاه راه‌آهن .....
۱۷.....	شکل ۲-۸ معیارها و زیرمعیارهای تاثیرگذار در مکان‌یابی ایستگاه تهران .....
۳۲.....	شکل ۲-۹ مقایسه تصویری روش <i>AHP</i> با <i>ANP</i> .....
۳۶.....	شکل ۲-۱۰ عدد فازی $n$ .....
۳۷.....	شکل ۲-۱۱ عدد فازی $n$ با برش‌های $\alpha$ .....
۳۹.....	شکل ۲-۱۲ عدد فازی ذوزنقه‌ای .....
۳۹.....	شکل ۲-۱۳ عدد فازی مثلثی .....

- شکل ۲- ۱۴ متغیرهای زبانی برای بیان اهمیت معیارها ..... ۴۰
- شکل ۲- ۱۵ متغیرهای زبانی برای رتبه‌بندی ..... ۴۱
- شکل ۲- ۱۶ موقعیت ایستگاه‌های قطار در شهر لندن ..... ۴۳
- شکل ۲- ۱۷ نحوه توزیع ایستگاه‌های قطار در شهر پاریس ..... ۴۴
- شکل ۲- ۱۸ نحوه پراکندگی ایستگاه‌های قطار در مسکو ..... ۴۵
- شکل ۳- ۱ نمایشی از خطوط موجود و در دست احداث شبکه ریلی ایران ..... ۵۲
- شکل ۳- ۲ ایستگاه لشگری و محوطه‌های اطراف ..... ۵۴
- شکل ۳- ۳ ایستگاه ملکی و محوطه اطراف ..... ۵۵
- شکل ۳- ۴ ایستگاه تپه سفید و محوطه اطراف ..... ۵۶
- شکل ۳- ۵ موقعیت ایستگاه شهرری در مسیر مشهد ..... ۵۷
- شکل ۳- ۶ پلان خطوط ریلی در تهران و حومه ..... ۵۸
- شکل ۳- ۷ موقعیت فعلی ایستگاه راه‌آهن فعلی تهران ..... ۶۴
- شکل ۳- ۸ موقعیت محل پیشنهادی برای ایستگاه ترمینال مشهد ..... ۶۵
- شکل ۳- ۹ موقعیت محل پیشنهادی برای ایستگاه ترمینال مسیر جنوب ..... ۶۶
- شکل ۳- ۱۰ موقعیت محل پیشنهادی برای جابجایی کل ایستگاه راه‌آهن تهران ..... ۶۷
- شکل ۴- ۱ فلوچارت روند انجام کار در روش *TOPSIS* فازی در مکانیابی ایستگاه تهران ..... ۷۷
- شکل ۴- ۲ نمایشی از درخت تصمیم‌گیری مورد استفاده در مکان‌یابی ایستگاه ..... ۷۸

شکل ۳-۴ پرسشنامه تدوین شده برای ارزیابی اهمیت معیارها در برابر هدف..... ۷۹

شکل ۴-۴ پرسشنامه تدوین شده برای ارزیابی گزینه‌ها در برابر معیارها..... ۸۰

**فصل اول**

**کلیات**

# فصل ۱ - کلیات

## ۱-۱- مقدمه

یکی از عناصر مهم توسعه و معیار سنجش کشورها از لحاظ سیاسی، اقتصادی و اجتماعی صنعت حمل و نقل است و از راه آهن می توان به عنوان یکی از شاخصه های اساسی صنعت حمل و نقل نام برد. در کشورهای پیشرفته صنعتی، راه آهن اقتصادی ترین شیوه حمل و نقل نسبت به سایر وسایل حمل و نقلی، به شمار می رود. در ایران نیز راه آهن با پیشینه ۷۵ ساله و با توجه به شرایط جغرافیایی و پراکندگی جمعیت و پایگاه های تولید و مصرف، پیشرفت های چشمگیری در دهه های اخیر داشته است. در واقع بخش حمل و نقل ریلی به سبب مزایای مختلف از قبیل قابلیت حمل انبوه بار و مسافر، مصرف پایین انرژی، حفظ محیط زیست، استهلاک پایین در ناوگان و غیره دارای جایگاه خاصی در بخش حمل و نقل بویژه در جهت برقراری توسعه پایدار می باشد. در این بین ایستگاه به عنوان نقطه اتصال راه آهن با سایر صنایع و سامانه های حمل و نقلی نقش کلیدی و پایه در ترافیک خطوط ریلی داشته و از اهمیت ویژه ای در بهره برداری از سیستم ترابری ریلی برخوردار است.

ایستگاه نقطه تمرکز فعالیت های خدماتی راه آهن به بار، مسافر و ناوگان می باشد. جریان حرکت بار و مسافر در راه آهن، از ایستگاه شروع شده و به ایستگاه ختم می شود و تاسیسات عمده راه آهن مانند دپوها، واگن خانه ها، تعمیرگاه های ماشین آلات و انبارها در ایستگاه ها قرار دارند. رشد روزافزون میزان مسافری و گرایش بیشتر صاحبان صنایع به حمل و نقل ریلی شکوفایی هرچه بیشتر صنعت ریلی را می طلبد. بنابراین توسعه ایستگاه های موجود و ایجاد ایستگاه های جدید در کنار احداث خطوط ریلی می تواند ضامن امنیت و راحتی هرچه بیشتر مسافری و استفاده کنندگان از راه آهن باشد.



## ۱-۲- تعریف مسئله

ایستگاه راه آهن تهران به عنوان یکی از گره های شبکه راه آهن با توجه به موقعیت ممتاز آن، که به عنوان قلب شبکه راه آهن جمهوری اسلامی ایران شناخته می شود و بخش عمده ای از مجموعه فعالیت های مسافری سراسر کشور در این ایستگاه انجام می گیرد، از اهمیت بالایی برخوردار است. از سویی یا افزایش روزافزون مسافری ریلی مواجه هستیم، که پیش بینی می شود در سناریوی حداقل میزان مسافری ایستگاه تهران در افق ۱۴۰۰ روزانه به ۱۵۰ هزار نفر برسد و ظرفیت ۶۰ هزار نفری فعلی پاسخگوی این حجم از مسافری نخواهد بود. با توجه به قدیمی بودن ایستگاه، ظرفیت محدود آن، رشد حمل و نقل ریلی و رشد میزان مسافری، افزایش ظرفیت ایستگاه تهران از الویت بالایی برخوردار است. با توجه به موارد فوق به نظر می رسد باید برنامه جامعی در جهت افزایش ظرفیت ایستگاه فعلی و یا ایجاد ایستگاه های ترمینال در سطح تهران تدوین شده و گزینه های برتر در این زمینه انتخاب گردند.

علاوه بر مشکلات مربوط به ظرفیت، قرار گرفتن ایستگاه در منطقه مسکونی و عبور و مرور قطارها باعث بوجود آمدن مشکلات محیط زیستی که در صدر آن آلودگی صوتی قرار دارد، شده است. مشکلات ترافیکی موجود در اطراف ایستگاه نیز یکی دیگر از مسائلی است که لزوم توجه به ایستگاه ها در تهران را دوچندان می نماید.

## ۱-۳- ضرورت تحقیق

با توجه به مشکلات بیان شده در بخش ۱-۲ و اهمیت ایستگاه ها در سیستم حمل و نقل ریلی و ضعف در گزینه های مطرح شده در تحقیقات انجام شده تاکنون، که در ادامه به آن ها پرداخته می شود، اهمیت انجام مطالعه ای در این زمینه و بررسی گزینه های جدید ایستگاه راه آهن در جهت افزایش ظرفیت و کاهش مشکلات جانبی مشخص می شود.

## ۱-۴-اهداف تحقیق

در این تحقیق قصد داریم با بررسی عوامل موثر در تعیین محل ایستگاه‌های راه‌آهن تهران آن‌ها را دسته‌بندی نموده و سپس با توجه به این شاخص‌ها گزینه‌هایی برای محل‌های جدید ایستگاه راه‌آهن معرفی نماییم و در نهایت گزینه‌های مشخص شده برای افزایش ظرفیت سیستم ریلی تهران، را الویت‌بندی نماییم.

## ۱-۵- محدودیت های تحقیق

در مسیر انجام پروژه‌های تحقیقاتی همواره محدودیت‌هایی وجود دارد، که مانع از رسیدن به نتیجه مطلوب می‌شود. از مهمترین محدودیت‌های این پایان‌نامه عدم دسترسی به اطلاعات مربوط به مبدا سفر مسافری ایستگاه راه‌آهن تهران می‌باشد. در صورت وجود این اطلاعات می‌توانستیم در گزینه‌های مطروحه بیشترین نزدیکی را به مبدا سفر مسافری لحاظ نمود.

از دیگر مشکلات تحقیق عدم دقت پاسخ‌دهندگان در هنگام پاسخگویی به پرسشنامه‌ها بود که سعی شد با دادن توضیحات در مورد نحوه پرکردن پرسشنامه و توضیح در مورد سوالات تا حدی این مشکل برطرف گردد.

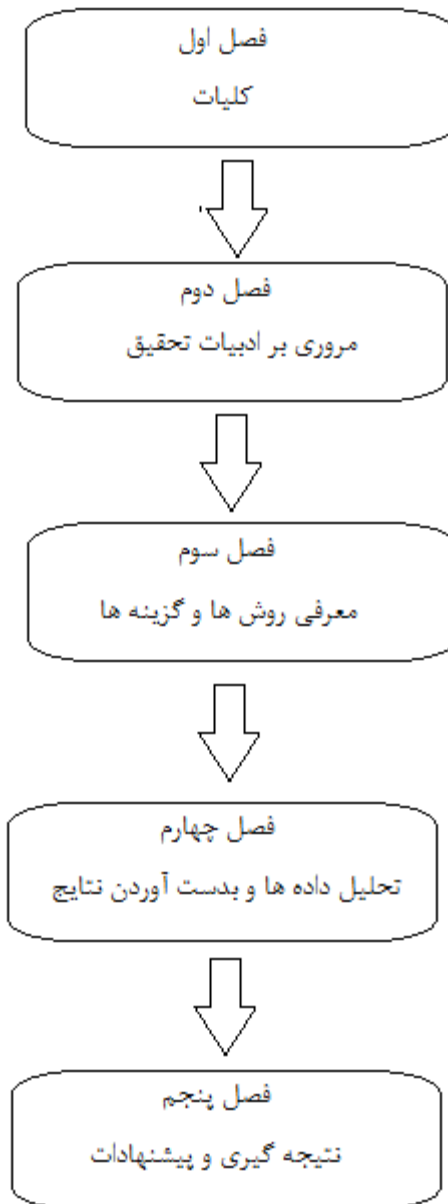
## ۱-۶- روش تحقیق

انسان حتی در کوچکترین تصمیم شخصی، در پی آن است که بین نیازها و اهدافش تعادل برقرار نماید و این ضرورت او را به استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره به عنوان یک راه‌حل، نیازمند می‌نماید. برنامه‌ریزی در سیستم حمل‌ونقل نیز به اتخاذ تصمیم‌های بهینه وابسته است. بدلیل تاثیر عوامل متعدد در برنامه‌ریزی‌های حمل‌ونقلی، استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند در اتخاذ تصمیم‌های درست راهگشا باشد.

در تحقیق حاضر از خلال مطالعات انجام گرفته در کشور و سایر نقاط جهان، پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه راه‌آهن تعیین می‌شود. سپس با استفاده از این پارامترها گزینه‌هایی برای اصلاح وضعیت موجود پیشنهاد می‌گردد و این گزینه‌ها بواسطه پرسشنامه‌هایی از طرف خبرگان راه‌آهن و حمل‌ونقل ارزش‌گذاری می‌گردند و در نهایت این پرسشنامه‌ها با استفاده از روش *TOPSIS* فازی مورد بررسی قرار می‌گیرد و بهترین گزینه از بین گزینه‌های موجود انتخاب می‌گردد.

## ۱-۷- ساختار پایان نامه

این تحقیق تلاش دارد تا بهترین گزینه را در جهت کاهش مشکلات فعلی ایستگاه راه‌آهن تهران ارائه نماید. برای این منظور مطالعه‌ی پیش رو در پنج فصل ساماندهی شده است. فصل اول، شامل مقدمه‌ای بر موضوع بحث، ضرورت و اهداف تحقیق، محدودیت‌های تحقیق و ساختار کلی پایان‌نامه می‌باشد. در فصل دوم معرفی انواع ایستگاه‌ها، پارامترهای مؤثر بر محل آن و نمونه‌هایی از ایستگاه‌ها در سطح جهان ارائه شده و در نهایت مروری بر انواع روش‌های تصمیم‌گیری از طریق مطالعه تحقیقات انجام شده در این زمینه مورد اشاره قرار می‌گیرد. در فصل سوم با معرفی ایستگاه فعلی راه‌آهن و خطوط ریلی کشور به معرفی گزینه‌های احتمالی پرداخته می‌شود. تحلیل و بررسی پرسشنامه‌ها، در فصل چهارم مورد بحث قرار گرفته‌اند و در نهایت، نتایج و پیشنهادهای برای مطالعات آتی در فصل پنجم ارائه شده است.



شکل ۱-۱ ساختار پایان نامه