بسم الله الرحمن الرحيم
ن

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

آقای علیرضا عیدی رساله ۲٤ واحدی خود را **با عنوان هدایت مسیر پویای وسائل نقلیه شخصی درشبکه های حمل ونقل شهری مبتنی بریادگیری عاملهای هوشمند** در تاریخ ۱۳۸۸/٤/۲۸ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه دکتری مهندسی صنایع – مهندسی صنایع پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر عیسی نخعی کمال آبادی	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر محمد رضا امین ناصری	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر سید حسام الدین ذگردی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمود صفارزاده	استاد	
استاد ناظر	دکتر نسیم نهاوندی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر سید محمد سید حسینی	استاد	
استاد ناظر	دکتر فرامک زندی	استادیار	
نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر نسیم نهاوندی	استادیار	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته است که در سال در دانشکده دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب دانشجوی رشته مقطع

تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: علیرضا عسری

تاریخ و امضا:

۸۸/ ۴/ ۲۸

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی مهندسی

رساله دوره دکتری مهندسی صنایع

هدایت مسیر پویای وسائل نقلیه شخصی در شبکه های حمل ونقل شهری مبتنی بر یادگیری عاملهای هوشمند

علیرضا عیدی

استاد راهنما:
دکتر عیسی نخعی کمال آبادی

استاتید مشاور:
دکتر محمدرضا امین ناصری
دکتر سید حسام الدین ذگردی

تیر ۱۳۸۸

با یاد برادرم محمدرضا

تقدیم به همه انسانهای پاکی که به بشریت خدمت کرده اند

تقدیم به همسر فداکارم که بدون همراهی های وی پیمودن این راه برایم ممکن نبود

و *تقدیم به نوگل عزیزم عسل جان*

سپاس خداوند متعال را که این کار تحقیقی با مدد او به پایان رسید. در اینجا وظیفه خود می دانم که از همه معلمان و اساتید دوران تحصیلم و نیز همکارانم جناب آقای حسن صفری و سرکار خانم یادگاری در استانداری و جناب آقای علی حیدر نوری رئیس وقت سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان مرکزی که در دستیابی به این درجه علمی مرا یاری رسانده اند تشکر و قدردانی نمایم. بویژه از همراهی های بی دریغ استاد ارجمند جناب آقای دکتر عیسی نخعی کمال آبادی بخاطر زحمات ایشان در شکل گیری و راهنمایی رساله اینجانب و سایر راهنمایی های دلسوزانه اشان کمال تشکر را ابراز می نمایم. از زحمات سایر اساتید محترم جناب آقای دکتر امین ناصری و جناب آقای دکتر ذگردی بدلیل ارائه نکات ارزشمند ایشان طی جلسات سمینارهای رساله ام تشکر می نمایم.

چکیده

امروزه یکی از چالش های اصلی شبکه های ترافیکی، هدایت وسائل نقلیه برای رسیدن به مقصدشان تحت وضعیت پویای ترافیک با هدف اجتناب از تراکم، کاهش زمانهای سفر و استفاده موثرتر از ظرفیتهای موجود شبکه حمل ونقل شهری می باشد. در پاسخ به مسائل بیان شده، سیستم پویای هدایت(راهنمای) مسیر رویکردی موثر به نظر می رسد. این سیستم از جمله حوزه های مهم فعالیت سیستمهای هوشمند حمل ونقل (ITS) می باشد.

هسته اصلی سیستم پویای هدایت مسیر، محاسبات کوتاهترین مسیر بر اساس شرایط جاری(اطلاعات در زمان واقعی) است. امروزه بمنظور جمع آوری اطلاعات زمان واقعی، شبکه خیابانهای بسیاری از شهرها به حسگرهایی نظیر حلقه های مغناطیسی مجهز شده اند اما از این داده های زمان واقعی بشکل موثری استفاده نمی شود. از اینرو با توجه به ضرورتهای بیان شده، هدف کلی تحقیق را می توان در قالب توسعه استراتژیهای موثر مسیریابی بمنظور هدایت مسیر وسائل نقلیه تحت وضعیت پویای محیط تعریف نمود.

ارزش سویه ها یا زمانهای سفر برروی سویه های شبکه های حمل ونقل تحت تاثیر برخی از نامعینی ها و شرایط غیرقابل پیش بینی نظیر تصادفات؛ بشکل پویا تغییر می یابد. لذا بدلیل مشکل بودن محاسبات کوتاهترین مسیر پویا در این وضعیت و نیز غیرکافی بودن مدلهای موجود در ادبیات موضوع، پیدا کردن فرمولاسیون جایگزین برای الگوریتم های یافتن مسیرکه تخمین های خوبی از جواب بهینه فراهم نموده و زمان اجرای محاسبات را کاهش دهد از جمله انگیزه های تحقیقات در این زمینه بوده است. بدین منظور در این تحقیق با بیان چارچوب مفهومی هدایت مسیر مبتنی بر ساختار مسیریابی غیرمتمرکز، به چگونگی ادغام سیستم های هدایت مسیر با روشهای هوش مصنوعی و بکارگیری تکنیکهای عامل گرا با تاکید بر یادگیری تقویتی بعنوان یک راه حل در مواجهه با نامعینی های مساله مسیریابی وسائل نقلیه در شبکه های ترافیکی پرداخته شده است.

از نتایج مهم تحقیق ارائه شده می توان به معرفی یک مدل ترکیبی بر پایه عاملها و استفاده از اطلاعات زمان واقعی، حل مدل مساله هدایت مسیر در وضعیت پویا با روشهای شبیه سازی، توانائی مدلهای یادگیری پیشنهاد شده در ارائه سیاست یا استراتژی انتخاب مسیر در تطبیق با شرایط پویای ترافیکی و نیز ارائه آلترناتیوهای مختلف پیشنهادی طی مسیر برای رانندگان با هدف صرفه جویی در زمانهای سفر وسائل نقلیه، اجرای الگوریتم ها برروی بخشی از شبکه ترافیکی شهر تهران بعنوان یک نمونه واقعی اشاره نمود.

کلید واژه ها

شبکه های حمل ونقل پویا، هدایت مسیر وسیله نقلیه، الگوریتم های کوتاهترین مسیر، عاملهای هوشمند، یادگیری تقویتی، شبیه سازی

فهرست مطالب

عنوان | **صفحه**

فصل اول: کلیات تحقیق **۱**

۱-۱ ضرورت انجام تحقیق ۲

۱-۲ تعریف مساله ۳

۱-۲-۱ محدوده مساله تحقیق ۴

۱-۳ اهداف تحقیق ۵

۱-۴ سوالات تحقیق ۶

۱-۵ جنبه جدید بودن و نوآوری تحقیق ۶

۱-۶ کاربردهای تحقیق ۷

۱-۷ روش تحقیق و ساختار کلی تحقیق ۷

۱-۷-۱ فرضیات تحقیق ۸

۱-۷-۲ ساختار کلی تحقیق ۹

۱-۸ مهمترین مفاهیم بکار رفته در تحقیق ۹

فصل دوم : مرور ادبیات **۱۱**

۲-۱ سیستمهای هوشمند حمل و نقل ۱۲

۲-۱-۱ تاریخچه ITS و تعاریف آن ۱۲

۲-۱-۲ مزایای عمده ITS ۱۳

۲-۱-۳ حوزه های فعالیت در ITS ۱۴

۲-۱-۴ ویژگیهای معماری ITS ۱۵

۲-۱-۵ هزینه های ITS ۱۵

۲-۱-۶ معرفی برخی از تجهیزات یا تکنولوژیهای ITS ۱۵

۲-۱-۷ تاریخچه ITS در ایران ۱۸

۲-۲ هدایت مسیر وسائل نقلیه ۱۸

۲-۲-۱ فاکتورهای موثر بر انتخاب مسیر از سوی کاربران سیستم هدایت مسیر ۲۰

۲-۲-۱-۱ ابعاد پاسخ های کاربران(یا رانندگان) به هدایت مسیر ۲۱

۲-۲-۲ طبقه بندی سیستمهای هدایت مسیر وسائل نقلیه: پویا در مقابل ایستا ۲۱

۲-۲-۲-۱ پارادوکس برایس ۲۲

۲-۲-۲-۲ هدایت مسیر و بهینگی کاربر/ بهینگی سیستم ۲۳

۲-۲-۳ ویژگیهای کارکردی هدایت مسیر ۲۳

۲-۲-۴ طبقه بندی دیگری از سیستمهای هدایت مسیر: واکنشی در مقابل پیش گویانه ۲۴

۲-۳ ماژول برنامه ریزی مسیر ۲۵

۲-۳-۱ الگوریتمهای کوتاهترین مسیر ۲۵

۲-۳-۲ جستجوی هیورستیک ۲۶

۲-۳-۳ جستجوی دوطرفه ۲۸

۲-۳-۴ جستجوی سلسله مراتبی ۲۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۳-۵ سایر الگوریتمها	۲۹
۲-۴ رویکردهای کوتاهترین مسیر در شبکه های حمل و نقل	۲۹
۲-۴-۱ الگوریتمهای کوتاهترین مسیر ایستا	۳۰
۲-۴-۲ الگوریتمهای کوتاهترین مسیر پویا	۳۰
۲-۴-۲-۱ ویژگی سیکل در شبکه ها	۳۱
۲-۴-۲-۲ ویژگی *FIFO* در شبکه های حمل و نقل	۳۲
۲-۴-۲-۳ فرموله کردن الگوریتمهای *DSP*	۳۲
۲-۴-۳ حل کلاسیک مساله پویای هدایت مسیر	۳۳
۲-۵ مروری بر مسائل کوتاهترین مسیر مبتنی بر اطلاعات زمان واقعی	۳۴
۲-۵-۱ مدلسازی زمانهای سفر	۳۶
۲-۵-۲ طبقه بندی دسترسی به اطلاعات زمانهای سفر	۳۶
۲-۶ نکاتی در خصوص پیاده سازی ماژول برنامه ریزی مسیر	۳۷
۲-۷ شبیه سازی و کاربرد آن در مسائل حمل و نقل	۳۷
۲-۷-۱ رویکردهای شبیه سازی سیستمهای حمل و نقل شهری	۳۸
۲-۷-۱-۱ اجزای اساسی جریانهای ترافیکی	۳۹
۲-۸ خلاصه و جمع بندی	۳۹
فصل سوم : هدایت مسیر وسائل نقلیه مبتنی بر عاملها	**۴۰**
۳-۱ سیستم پویای هدایت مسیر در شبکه های حمل و نقل	۴۱
۳-۱-۱ ملاحظات ضروری در طراحی سیستمهای هدایت مسیر	۴۲
۳-۲ ادغام سیستمهای هدایت مسیر با روشهای هوش مصنوعی	۴۳
۳-۲-۱ مساله جستجوی هوشمند مسیر	۴۳
۳-۳ رویکرد استفاده از عاملها در تحلیل سیستم های هدایت مسیر	۴۳
۳-۴ معرفی عامل	۴۴
۳-۴-۱ تعریف عامل	۴۴
۳-۴-۲ طبقه بندی عاملها بر اساس انجام وظایف	۴۷
۳-۴-۳ ویژگیهای دامنه کاربرد عامل	۴۷
۳-۴-۳-۱ دامنه کاربرد عاملها	۴۷
۳-۴-۴ سیستم مبتنی بر عامل	۴۸
۳-۴-۴-۱ ویژگی سیستمهای مبتنی بر عامل	۴۹
۳-۴-۴-۲ تحلیل سیستمهای مبتنی بر عامل	۵۰
۳-۴-۴-۳ ساختار سازمانی سیستمهای مبتنی بر عامل	۵۰
۳-۴-۴-۴ محدودیتهای راه حل های مبتنی بر عامل	۵۱
۳-۴-۴-۵ ساختار مدلسازی مبتنی بر عاملها	۵۱
۳-۵ فرموله نمودن هدایت مسیر در وضعیت پویا	۵۲

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۶ رویکردهای مسیریابی وسائل نقلیه در شبکه های حمل ونقل: متمرکز در مقابل غیرمتمرکز	۵۴
۳-۷ چارچوب مفهومی سیستم هدایت مسیر وسائل نقلیه مبتنی بر عاملهای هوشمند	۵۶
۳-۷-۱ کاربرد سیستمهای مبتنی بر عامل در مدیریت ترافیک	۵۶
۳-۷-۱-۱ سیستمهای پیشرفته اطلاعات مسافری مبتنی بر تکنولوژیهای چندعاملی	۵۷
۳-۷-۱-۲ سیستمهای شبیه سازی حمل ونقل مبتنی بر سیستمهای چندعاملی	۵۷
۳-۷-۲ ارائه چارچوب مفهومی	۵۷
۳-۷-۳ امکان توسعه چارچوب پیشنهادی در شبکه های دارای چراغ راهنمایی	۶۱
۳-۸ خلاصه و جمع بندی	۶۲
فصل چهارم: بررسی مکانیزم یادگیری عاملها و مدلسازی کمی مساله تحقیق	**۶۴**
۴-۱ مسائل موجود در یادگیری عاملها	۶۶
۴-۱-۱ اهداف یادگیری	۶۷
۴-۱-۲ عناصر کلیدی در یادگیری	۶۷
۴-۲ روشهای یادگیری عاملها	۶۷
۴-۳ دسته بندی انواع روشهای یادگیری عاملها	۶۸
۴-۳-۱ یادگیری تقویتی یا تشدیدی	۶۹
۴-۳-۱-۱ تعامل عامل-محیط	۷۰
۴-۳-۱-۲ اجزای یادگیری تشدیدی	۷۱
۴-۳-۲ فرآیند تصمیم گیری مارکوفی	۷۲
۴-۳-۲-۱ تخمین تابع های ارزش و معادلات بلمن	۷۳
۴-۳-۳ روشهای پایه ای حل مساله RL	۷۵
۴-۳-۳-۱ روشهای یادگیری اختلاف موقتی	۷۵
۴-۳-۴ جستجو، بهره برداری و انتخاب عمل	۷۷
۴-۳-۴-۱ استراتژیهای انتخاب عمل	۷۸
۴-۳-۵ چالش های یادگیری تشدیدی	۸۰
۴-۴ یادگیری تشدیدی در مسائل حمل و نقل	۸۰
۴-۵ پیاده سازی الگوریتم RL برروی چارچوب مفهومی	۸۱
۴-۵-۱ اجزا محیط تعاملی عامل در مساله تحقیق	۸۱
۴-۵-۱-۱ نامعینی های مساله پویای هدایت مسیر	۸۲
۴-۵-۲ اجزا یادگیری تشدیدی برای مساله تحقیق	۸۲
۴-۵-۲-۱ فرآیند یادگیری عاملهای هوشمند	۸۴
۴-۶ الگوریتم یادگیری برای مساله مورد بررسی	۸۶
۴-۶-۱ قدمهای الگوریتم یادگیری	۸۶
۴-۶-۲ قانون توقف الگوریتم	۸۷
۴-۶-۳ فلوچارت الگوریتم یادگیری	۸۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۷ ارائه یک مثال عددی از به روز کردن مقادیر Q	۸۸
۴-۸ اجرای مدل و تنظیم پارامترها	۹۱
۴-۸-۱ شبیه سازی الگوریتم یادگیری	۹۱
۴-۸-۱-۱ تنظیم پارامترهای مدل	۹۴
۴-۸-۱-۱-۱ نرخ یادگیری	۹۵
۴-۸-۱-۱-۲ تنظیم دما	۹۶
۴-۸-۱-۱-۳ تنظیم ضریب تنزیل پاداش	۹۷
۴-۸-۱-۱-۴ تعداد تکرار اجرای شبیه سازی	۹۷
۴-۸-۱-۲ مقادیر نهایی انتخاب شده برای پارامترهای مدل یادگیری	۹۸
۴-۸-۲ اجرای مدل یادگیری در وضعیت پویا یا غیرایستا	۹۹
۴-۸-۲-۱ تغییرات زمانهای سفر برای چندین سویه از شبکه	۱۰۲
۴-۸-۳ بازه های به روز کردن هدایت	۱۰۲
۴-۸-۴ پیچیدگی الگوریتم	۱۰۳
۴-۹ توسعه های مدل پاداش	۱۰۳
۴-۹-۱ مدل چندمعیاره تابع پاداش	۱۰۵
۴-۱۰ خلاصه و جمع بندی	۱۰۶
فصل پنجم: ارزیابی مدلهای یادگیری در دسته ای از شبکه های واقعی	**۱۰۷**
۵-۱ تخمین زمانهای سفر در شبکه های واقعی	۱۰۸
۵-۲ پیاده سازی مدلهای یادگیری در شبکه های گرید	۱۰۹
۵-۲-۱ توصیف شبکه	۱۰۹
۵-۲-۲ اجرای الگوریتم یادگیری عاملها برروی شبکه گرید	۱۱۰
۵-۲-۱ شبیه سازی الگوریتم یادگیری	۱۱۲
۵-۲-۳ اجرای مدل یادگیری در وضعیت پویا: تغییر زمانهای سفر	۱۱۳
۵-۲-۴ ارزیابی هدایت مسیر پیشنهادی	۱۱۵
۵-۳ کاربرد مدلهای یادگیری در شبکه خیابانهای تهران	۱۱۸
۵-۳-۱ شبکه خیابانهای انتخاب شده از شهر تهران	۱۱۹
۵-۳-۲ نتایج شبیه سازی اجرای الگوریتم یادگیری عاملها	۱۲۰
۵-۴ خلاصه و جمع بندی	۱۲۲
فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات	**۱۲۴**
۶-۱ مقدمه	۱۲۵
۶-۲ نتایج مهم تحقیق	۱۲۵
۶-۳ چگونگی استفاده عملی از تحقیق	۱۲۶
۶-۳-۱ جایگاه هدایت مسیر پیشنهادی در مدل کلاسیک چهار مرحله ای حمل و نقل	۱۲۷
۶-۴ پیشنهادات تحقیقات آتی	۱۲۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست منابع	۱۲۹
واژه نامه	

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۲-۱ مقایسه عمده ترین ویژگیهای رویکردهای مختلف شبیه سازی سیستم های ترافیکی	۳۹
جدول ۴-۱ توزیع احتمالات بالتزمن برای مثال شکل ۴-۵	۸۰
جدول ۴-۲ اجزا RL برای مساله مورد مطالعه	۸۴
جدول ۴-۳ کدبندی حالتها برای مثال بخش ۴-۷	۸۹
جدول ۴-۴ کدبندی عمل ها برای مثال بخش ۴-۷	۸۹
جدول ۴-۵ محاسبه استراتژی بالتزمن برای حالتهای مختلف مثال بخش ۴-۷	۸۹
جدول ۴-۶ مشخصه های الگوریتم یادگیری در وضعیت اولیه	۹۱
جدول ۴-۷ سیاست عامل ها در مدل یادگیری مثال ارائه شده(در وضعیت اولیه)	۹۲
جدول۴-۸ زمان مورد نیاز برای انجام محاسبات شبیه سازی به ازای مقادیر مختلف درجه حرارات	۹۶
جدول۴-۹ مشخصه های نهایی انتخاب شده برای الگوریتم یادگیری	۹۸
جدول۴-۱۰ نمونه ای از تغییرات مسیر با مبدا حرکت J_1 و مقصد J_6	۱۰۲
جدول ۵-۱ داده های ترافیکی: سرعت متوسط وسائل نقلیه روی حلقه ها در بازه های زمانی ۱۵ دقیقه	۱۰۸
جدول ۵-۲ کدبندی عمل ها در مورد مثال بخش ۵-۲	۱۱۱
جدول ۵-۳ محاسبه استراتژی بالتزمن برای حالتهای مختلف مثال بخش ۵-۲ (در شروع یادگیری)	۱۱۱
جدول ۵-۴ مقادیر نهایی در دسترس از ماتریس Q برای مثال بخش ۵-۲	۱۱۲
جدول ۵-۵ مقادیر نهایی در دسترس از ماتریس Q برای مثال بخش ۵-۲ (تغییر زمان سفر سویه ۸-۹)	۱۱۴
جدول۵-۶ زمانهای سفر (در زمان t) روی سویه های جهت دار شبکه بخش ۵-۳	۱۲۰

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار۴-۱ روند تغییرات متوسط زمان مسیریابی در تکرارهای مختلف شبیه سازی(بر مبنای مشخصه های اولیه)	۹۳
نمودار۴-۲ روند تغییرات متوسط زمان مسیریابی به ازای مقادیر مختلف نرخ یادگیری	۹۵
نمودار۴-۳ روند تغییرات متوسط زمان مسیریابی به ازای مقادیر مختلف پارامتر دما	۹۶
نمودار۴-۴ روند تغییرات متوسط زمان مسیریابی در تکرارهای مختلف شبیه سازی	۹۷
نمودار۴-۵ روند تغییرات متوسط زمان مسیریابی در تکرارهای مختلف شبیه سازی(بر مبنای مشخصه های نهایی)	۹۹
نمودار۴-۶ روند تغییرات متوسط زمان مسیریابی در تکرارهای مختلف شبیه سازی(در وضعیت پویای سویه ۲-۱ برای اولین بازه زمانی عزیمت)	۱۰۰
نمودار۴-۷ روند تغییرات متوسط زمان مسیریابی در تکرارهای مختلف شبیه سازی(در وضعیت پویای سویه ۲-۱ برای دومین بازه زمانی عزیمت)	۱۰۱

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار۴-۸ روند تغییرات متوسط زمان مسیریابی در تکرارهای مختلف شبیه سازی(در وضعیت پویای سویه ۲-۱ برای سومین بازه زمانی عزیمت)	۱۰۲
نمودار۵-۱ روند تغییرات متوسط زمان مسیریابی در تکرارهای مختلف شبیه سازی(برای شبکه گرید مورد بررسی)	۱۱۳
نمودار ۵-۲ مقایسه مقادیر تخمینی و واقعی هزینه زمان سفر (برای شبکه شکل ۵-۵)	۱۱۵
نمودار۵-۳ روند تغییرات متوسط زمان مسیریابی در تکرارهای مختلف شبیه سازی(برای شبکه بخش ۵-۳ و جفت مبدا-مقصد۱۵و۱)	۱۲۱
نمودار۵-۴ روند تغییرات متوسط زمان مسیریابی در تکرارهای مختلف شبیه سازی(برای شبکه بخش ۵-۳ و جفت مبدا-مقصد۱۵و۱ و پس از تغییر زمان سفر سویه ۲-۱)	۱۲۲

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ ساختار درختی قلمرو مساله تحقیق	۵
شکل ۱-۲ رویکردهای حل مساله تحقیق	۸
شکل ۲-۱ اجزای اصلی GPS	۱۷
شکل ۲-۲ برخی از توانمندیهای جدید کنترل ترافیک	۱۸
شکل ۲-۳ جستجوی کوتاهترین مسیر در یک شبکه سلسله مراتبی دو سطحی	۲۹
شکل ۲-۴ توصیف گرافیکی از مسیرهای یک شبکه زمان- وابسته	۳۱
شکل ۲-۵ مثالی از زمانهای سفر روی سویه های یک شیکه در وضعیت ایستا و زمان-وابسته	۳۱
شکل ۲-۶ مثالی از یک شبکه با سیکل	۳۲
شکل ۲-۷ مثالی از یک شبکه با سویه *non-FIFO*	۳۲
شکل ۲-۸ دسته بندی مسائل کوتاهترین مسیر برحسب اطلاعات مختلف مسیریابی	۳۵
شکل ۳-۱ چارچوب کلی سیستم هدایت مسیر مبتنی بر اطلاعات زمان واقعی	۴۲
شکل ۳-۲ دیاگرام مفهومی از یک عامل	۴۶
شکل ۳-۳ دیاگرام مفهومی از معماری سیستمهای مبتنی بر عامل	۴۹
شکل ۳-۴ انواع ساختار سازمانی عاملها	۵۱
شکل ۳-۵ یافتن مسیر بشکل متمرکز	۵۵
شکل ۳-۶ شمائی از ناحیه فرضی A3 برای تبین چارچوب مفهومی	۵۸
شکل ۳-۷ نمایشی از چارچوب مفهومی پیشنهادی مبتنی بر سیستمهای چندعاملی	۵۹
شکل ۳-۸ نمایشی از ساختار پایه ای هر عامل در چارچوب پیشنهادی	۶۰
شکل ۳-۹ شمائی از تقاطع های دارای چراغ راهنمایی	۶۱
شکل ۳-۱۰چارچوب یکپارچه سازی سیستم کنترل چراغ راهنمایی و سیستم هدایت مسیر مبتنی بر تکنولوژیهای چندعاملی	۶۲
شکل ۴-۱ فلوچارت الگوریتم مسیریابی بمنظور مدلسازی کمی مساله تحقیق	۶۶
شکل ۴-۲ محیط تعاملی عامل در یادگیری تشدیدی	۷۰
شکل ۴-۳ نمایشی از اجزای یادگیری تشدیدی	۷۲
شکل ۴-۴ تبادل جستجو و بهره برداری در محیط تعاملی عامل	۷۸

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۴-۵ ارائه مثالی از انتخاب عمل به روش *softmax*	۷۹
شکل ۴-۶ مدل تعاملی عامل-محیط برای مساله تحقیق	۸۱
شکل۴-۷ توپولوژی یک شبکه فرضی به منظور تشریح فرآیند یادگیری	۸۴
شکل ۴-۸ فلوچارت الگوریتم یادگیری برای مساله تحقیق	۸۸
شکل ۴-۹ توپولوژی شبکه مورد استفاده در به روز کردن مقادیر Q (مثال بخش ۴-۷)	۸۸
شکل ۴-۱۰ عبور جریان ترافیکی از سویه های متمایز(پررنگ) بر مبنای خروجی ۱	۹۲
شکل۴-۱۱ عبور جریان ترافیکی از سویه های متمایز(پررنگ) بر مبنای خروجی(در وضعیت پویای سویه ۲-۱ برای اولین بازه زمانی عزیمت)	۱۰۰
شکل۴-۱۲ عبور جریان ترافیکی از سویه های متمایز(پررنگ) بر مبنای خروجی(در وضعیت پویای سویه ۲-۱ برای دومین بازه زمانی عزیمت)	۱۰۱
شکل۴-۱۳ عبور جریان ترافیکی از سویه های متمایز(پررنگ) بر مبنای خروجی(در وضعیت پویای سویه ۲-۱ برای سومین بازه زمانی عزیمت)	۱۰۲
شکل۴-۱۴ ارتباط بین پارامترهای V/C و زمان سفر	۱۰۵
شکل۵-۱ شبکه حمل ونقل واقعی تبدیل شده به شبکه گرید	۱۰۹
شکل۵-۲ تصویری از گرید استخراج شده از یک شبکه شهری	۱۱۰
شکل۵-۳ عبور جریان ترافیکی از سویه های متمایز(پررنگ) شبکه گرید بر مبنای خروجی	۱۱۲
شکل ۵-۴ مسیر بهینه جدید برروی شبکه گرید با لحاظ نمودن تراکم ترافیک	۱۱۴
شکل۵-۵عبور جریان ترافیکی از سویه های متمایز(پررنگ)شبکه گرید بر مبنای خروجی(تغییر زمان سفر سویه۸-۹).	۱۱۵
شکل۵-۶ عملکرد هر وسیله نقلیه موجود در شبکه(برحسب نوع وسیله نقلیه)	۱۱۶
شکل۵-۷ فلوچارت مسیریابی وسائل نقلیه هدایت نشده یا تصادفی	۱۱۷
شکل ۵-۸ مقایسه متوسط زمان سفر تحت سیاستهای هدایت شده/ هدایت نشده یا تصادفی(درصد وسائل نقلیه هدایت شده =۱۶,۷ درصد)	۱۱۷
شکل ۵-۹ مقایسه متوسط زمان سفر تحت سیاستهای هدایت شده/ هدایت نشده یا تصادفی(درصد وسائل نقلیه هدایت شده=۰و ۱۶,۷ و۱۰۰درصد)	۱۱۸
شکل۵-۱۰ شبکه خیابانهای انتخاب شده از شهر تهران	۱۱۹
شکل ۵-۱۱ مسیر توصیه شده برای حرکت وسائل نقلیه برروی شبکه بخش ۵-۳ (در زمان عزیمت t برای جفت مبدا-مقصد ۱۵و۱)	۱۲۰
شکل ۵-۱۲ مسیر توصیه شده برای حرکت وسائل نقلیه برروی شبکه بخش ۵-۳ (در زمان عزیمت t برای جفت مبدا-مقصد ۸و۱)	۱۲۱
شکل ۵-۱۳ مسیر توصیه شده برای حرکت وسائل نقلیه برروی شبکه بخش ۵-۳ (برای جفت مبدا-مقصد ۱۵و۱ پس از تغییر زمان سفر سویه ۲-۱)	۱۲۲
شکل ۶-۱ فرم عمومی مدل کلاسیک چهار مرحله ای حمل ونقل	۱۲۷

فهرست ضمائم

عنوان	صفحه
ضمیمه *الف* شبه برنامه شبیه سازی	
ضمیمه ب نقشه ترافیکی بخشی از شهر تهران	

فصل اول:

کلیات تحقیق

فصل اول: کلیات تحقیق

مقدمه

از همان آغاز زندگی انسان در پهنه این کره خاکی، حمل ونقل همواره قسمت عمده ای از منابع و امکانات را بطور مستقیم یا غیر مستقیم بخود اختصاص داده است. امروزه پس از گذشت قرنها، پیچیدگی مسائل مربوط بـه حمـل ونقل مرتبا در حال افزایش می باشد. بررسی اجمالی در مورد اکثر کشورهای پیـشرفته نـشان مـی دهـد کـه ایـن کشورها دارای سرویسهای حمل و نقلی با کیفیت بالا می باشند و همین مساله حـاکی از ایـن واقعیـت اسـت کـه حمل و نقل یک عامل اساسی در پیشرفت اقتصادی بوده و توسعه پایدار یک منطقه یا یک کشور، بـدون توسـعه و ارتقا وضعیت حمل ونقل در آن امکانپذیر نمی باشد(سیدحسینی ،۱۳۸۳).

۱-۱ ضرورت انجام تحقیق

امروزه یکی از مشکلات شهرهای بزرگ؛ افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش تعداد وسائل نقلیه به منظور جابجائی کالاها و مردم می باشد که این امر در کنار برخی از مسائل دیگر موجب تراکم[1] و ازدحام در شبکه های حمل و نقل شهری می گردد. از سوی دیگر در خصوص تسهیلات موجود حمل ونقل شهری نظیر مسیرها، خیابانها، تقاطع ها و پایانه ها بدلیل کمبود تجربه یا ناآشنایی برخی از رانندگان وسائل نقلیه(بویژه وسائل نقلیه شخصی که قدرت انتخاب مسیرهای متعدد را دارند) با آلترناتیوهای مختلف موجود برای طی مسیر، نمی توانند سریع ترین مسیرها را با توجه به پویایی های محیط شبکه حمل ونقل انتخاب نموده و اغلب سفرهای طولانی تری دارند که این موضوع نیز تراکم را در شبکه های حمل ونقل شهری تشدید می نماید. در نتیجه پیچیدگی سفرها در حال افزایش می باشد. از اینرو از جمله چالشهای اصلی شبکه های ترافیکی، مسیریابی یا هدایت مسیر وسائل نقلیه به مقصدشان تحت وضعیت پویای ترافیک با هدف کاهش زمانهای سفر وسائل نقلیه و استفاده موثرتر از ظرفیتهای موجود شبکه می باشد. بعنوان یک راه حل، ساختن خیابانها و آزاد راههای جدید شدیدا زمانبر و پرهزینه بوده و در برخی موارد بدلیل تاثیرات منفی نظیر تغییرات کاربری زمینها، آلودگی های زیست محیطی حتی غیرموجه

[1] congestion

است. با توجه به شرایط ذکر شده، رانندگان وسائل نقلیه به منظور اجتناب از تراکم و انجام سفرهای راحتر به خدماتی نظیر هدایت ترافیکی نیاز دارند. هدایت ترافیکی در پی مدیریت بهتر حرکت وسائل نقلیه، توزیع مناسب جریانهای ترافیکی برروی همه مسیرهای موجود شبکه حمل ونقل می باشد که در نتیجه افزایش کارائی زیرساختهای موجود و همچنین کاهش آلودگی ها، کاهش مصرف سوخت و... را نیز در پی خواهد داشت.
از آنچه گفته شد می توان دریافت کنترل ترافیک شهری یکی از راهکارهای بهبود وضعیت حمل و نقل در شـهرها می باشد. لذا چاره اندیشی برای نحوه مدیریت موثر و کنترل ترافیک در حمل و نقل شهری امـری ضـروری بنظـر می رسد.
از سوی دیگر با بررسی اجمالی اکثر مقالات علمی در زمینه مدیریت و کنترل ترافیک در حمل و نقل شهری این نکته آشکار می شود که این زمینه حوزه تحقیقاتی فعالی بوده و انجام تحقیقات بسیاری؛ بویژه در زمینه بکارگیری تکنولوژیهای جدید نظیر هوشمند سازی به منظور کنترل و هدایت آنلاین(یا زمان واقعی) جریانهای ترافیکی در درون شهرها، با هدف افزایش کارایی شبکه های حمل ونقل شهری را طلب می کند.

۱-۲ تعریف مساله

پویایی های محیط و اتفاق افتادن حوادث غیرقابل پیش بینی در شبکه های حمل ونقل که تراکم ترافیک را در برخی از موارد در پی خواهد داشت یک مساله جدی در مناطق شهرهای بزرگ است. به علت هزینه های زیاد، ساختن مسیرهای جدید یا گسترش مسیرهای موجود به منظور افزایش ظرفیت سیستم حمل ونقل شهری برای مقابله با تراکم های احتمالی در شبکه، تا حدود زیادی غیر عملی است. از اینرو با توجه به مسائل بیان شده، سفرهای وسائل نقلیه در شبکه های حمل ونقل شهری؛ با شرایط مشکل تری رو به رو می باشد. با توجه به ضرورتهای انجام تحقیق و ذکر چالش اصلی شبکه های ترافیکی یعنی هدایت مسیر وسائل نقلیه تحت وضعیت پویای ترافیک، طراحی سیستم پویای هدایت مسیر وسائل نقلیه رویکردی موثر در پاسخ به مسائل بیان شده به نظر می رسد. سیستم پویای هدایت مسیر که مبتنی بر فناوریهای اطلاعات و ارتباطات است از جمله حوزه های مهم فعالیت سیستمهای هوشمند حمل ونقل(ITS) می باشد. سیستم مذکور موجب ارتقای مطلوبیت زیرساختهای موجود شبکه حمل ونقل گردیده و با توجه به میزان دسترسی به اطلاعات ترافیکی؛ به کنترل تراکم کمک می نماید. سیستم هدایت مسیر همچنین از طریق تجهیزات ITS قادر به اطلاع رسانی به رانندگان وسائل نقلیه مختلف درباره شرایط شبکه نظیر مکانهایی که تراکم در آنها اتفاق افتاده می باشد. سیستم هدایت مسیر به استفاده کنندگان از این سیستم، مسیری را از مکان فعلی به مقصد نهائی آنها پیشنهاد می دهد به قسمی که زمان سفر برای رانندگان کمینه شود. هسته اصلی سیستم پویای هدایت مسیر، محاسبات کوتاهترین مسیر در شبکه های پویا می باشد. موثر بودن وظیفه سیستم هدایت مسیر عمدتا به الگوریتمهای کوتاهترین مسیر وابسته است. نکته قابل توجه اینکه این الگوریتمها در مواجهه با نامعینی ها و حوادث غیرقابل پیش بینی شبکه حمل ونقل دچار کمبود می باشند.
از سوی دیگر امروزه به منظور جمع آوری اطلاعات زمان واقعی، شبکه خیابانهای بسیاری از شهرها به حسگرهایی نظیر حلقه های مغناطیسی و دوربین ها مجهز شده اند اما از این داده های زمان واقعی به شکل موثری استفاده نمی شود در حالیکه با استفاده از این اطلاعات زمان واقعی، سیستم مورد اشاره قادر است کوتاهترین مسیر را از یک مبدا به مقصد مورد نظر برای رانندگان بر اساس شرایط جاری نظیر تغییرات اتفاق افتاده در زمانهای سفر روی مسیرها پیدا نموده و به وسائل نقلیه توصیه نماید تا در مواجهه با نامعینی ها محیطی و در مسیریابی مجدد خود از آن استفاده نمایند.

همچنین از آنجائیکه امکان اجرای روشهای ابتکاری و فراابتکاری مختلفی در مسیریابی پویای وسائل نقلیه وجود دارد لیکن با توجه به خصوصیت زمان واقعی بودن در این تحقیق، الگوریتم ها یا شیوه های محاسباتی مسیریابی بر مبنای تکنیکهای هوش مصنوعی مورد مطالعه دقیق تر و توسعه قرار خواهد گرفت تا در مواجهه با تغییرات و پویایی های محیط، آلترناتیوهای مختلف طی نمودن مسیر به شکل هوشمندانه برای رانندگان وسائل نقلیه به منظور کاهش زمانهای سفر آنان فراهم شود. نکته قابل توجه اینکه علاوه بر معیار زمان سفر می توان معیارهای دیگری نظیر هزینه سفر، آسایش و راحتی و... را نیز برای حل مساله تحقیق درنظر گرفت. با وجود اینکه عوامل مذکور دارای اهمیت می باشند اما فاکتور زمان سفر تقریبا در تمامی مدلهای مربوط به انتخاب مسیر بعنوان نماینده ای از همه فاکتورها مورد استفاده قرار می گیرد که دلیل اصلی آن نیز سهولت اندازه گیری زمان سفر در مقابل متغیرهای دیگر می باشد.

بنابراین در مجموع، مساله تحقیق مورد بررسی عبارتست از ***تعیین استراتژیهای موثر و هوشمندانه مسیریابی مبتنی بر بکارگیری اطلاعات ترافیکی زمان واقعی به منظور هدایت وسائل نقلیه در شبکه حمل ونقل شهری در حالی که شبکه در محیطی نامعین باشد.***

۱-۲-۱ محدوده[1] مساله تحقیق

محدوده مساله تحقیق را می توان بصورت زیر دسته بندی نمود:

الف- از لحاظ طبقه بندی سیستمهای حمل ونقل:

از جمله طبقه بندیها در مورد سیستمهای حمل ونقل برحسب نواحی جغرافیایی که بوسیله این سیستمها سرویس داده می شود، انجام می گیرد. بر این اساس؛ حمل ونقل شهری، حمل ونقل بین شهری و حمل ونقل بین المللی قابل بررسی می باشد(Sussman,2000). مساله تحقیق مورد نظر این رساله در محدوده حمل ونقل شهری یا درون شهری مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

ب- از لحاظ طبقه بندی سیستمهای حمل ونقل شهری:

سفرهایی که توسط شهروندان و مردم یک شهر انجام می گیرد، جابجایی های اصلی در مناطق شهری را موجب می گردد. توزیع شهری یا درون شهری کالا نیز عموما از طریق زیر سیستم جاده ای و توسط کامیونها و وانتها در ابعاد و اندازه های گوناگون صورت می پذیرد. حمل و نقل شهری از طریق آب فقط در چند شهر دنیا دیده شده است و حمل و نقل هوایی هم برای سفرهای شهری مناسب نمی باشد (سیدحسینی,۱۳۸۳). از اینرو مساله تحقیق مورد نظر این رساله به بررسی حمل ونقل جاده ای خواهد پرداخت. ضمنا همگی مسیرهای موجود شبکه حمل ونقل به منظور عبور وسائل نقلیه قابل استفاده می باشد.

ج- از لحاظ نهادهای شناور سیستمهای حمل ونقل:

نهادهای شناور[2]، واحدهایی هستند که تسهیلات ثابت یعنی مسیرها و تقاطعهای سیستمهای حمل ونقل را می پیمایند. با توجه به مطالب بند پیشین، طرق سفرهای موجود برای حمل و نقل مسافرین و کالاها در شهرها، طرق زمینی بوده که شامل حمل و نقل خصوصی یعنی استفاده از وسایل نقلیه شخصی و سرویسهای حمل و نقل عمومی که برخی از طریق معابر شهری مانند اتوبوسهای شهری و بعضی دیگر از طریق سیستمهای ریلی شهری مانند مترو انجام می شود، می باشد. سیستمهای ریلی شهری در مسیرهای اختصاصی، بدون محدودیت و دخالت از جانب وسایل نقلیه جاده ای، مورد بهره برداری قرار می گیرند و بهمین صورت سیستمهای اتوبوسرانی نیز معمولا از مسیرهای مشترک با وسایل نقلیه شخصی استفاده می کنند و در برخی مواقع هم مسیرهای اختصاصی

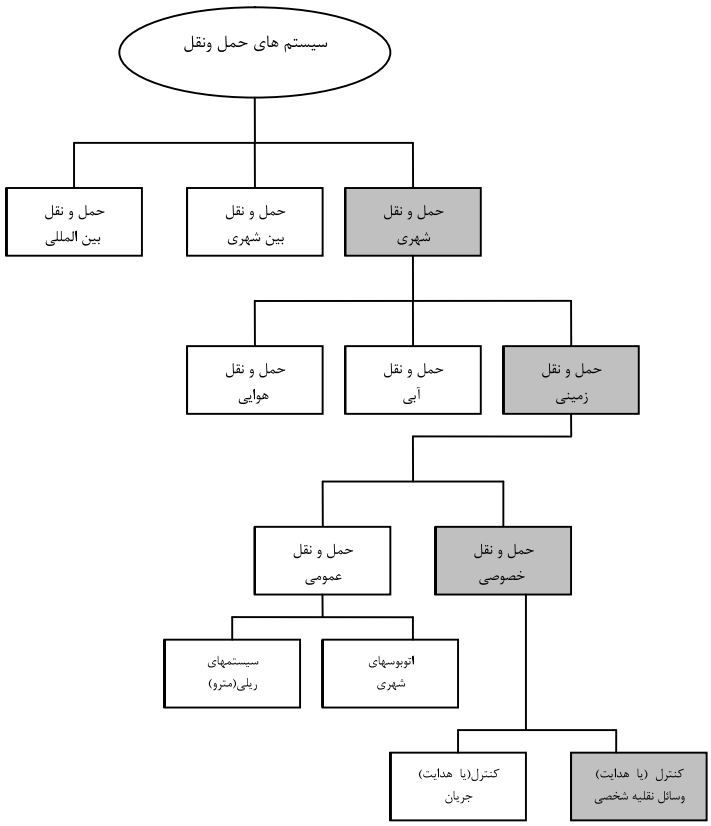
[1] scope
[2] flow entities

برای آنها در نظر گرفته می شود (سیدحسینی,۱۳۸۳). مساله تحقیق مورد نظر این رساله به بررسی استفاده از وسائل نقلیه شخصی بدلیل قدرت آنها در انتخاب مسیرهای متعدد بین نواحی مبدا و مقصد سفر، خواهد پرداخت.

د- از لحاظ سیستم کنترلی:

سیستم کنترلی بعنوان یکی از اجزای مهم سیستمهای حمل ونقل شامل دو قسمت می باشد: کنترل وسیله نقلیه و کنترل جریان. منظور از کنترل وسیله نقلیه، روش تکنولوژیکی است که وسائل نقلیه را در تسهیلات ثابت هدایت می نماید و چنین کنترلی می تواند بصورت دستی یا اتوماتیک اعمال گردد. سیستم کنترل جریان نیز در برگیرنده روشهایی است که با استفاده از آنها زنجیره ای از وسائل نقلیه با کارایی مناسب و همچنین با حداقل تراکم در شبکه حمل ونقل حرکت نمایند(سیدحسینی,۱۳۸۳). مساله مورد نظر این تحقیق در حوزه سیستمهای هدایت و کنترل وسائل نقلیه تعریف می شود. نکات تکمیلی در این خصوص در بخش ۲-۷-۱ از فصل دوم ارائه گردیده است.

خلاصه ای از این طبقه بندیها؛ بعنوان قلمرو تحقیق در شکل ۱-۱ ارائه گردیده است:



شکل ۱-۱ ساختار درختی قلمرو مساله تحقیق

۱-۳ اهداف تحقیق

یافتن مسیرها برای حرکت وسائل نقلیه شخصی از طریق یک شبکه ترافیکی بشکل بلادرنگ یا در زمان واقعی بعنوان یکی از چالشهای مهم سیستمهای هوشمند حمل و نقل شهری برشمرده می شود. لذا یکی از بخشهای کلیدی هدایت مسیر، توانایی ارائه مسیرهایی با حداقل زمانهای سفر برای رانندگان وسائل نقلیه از مکان فعلی به مقصد مطلوبشان می باشد.