برنامه‌ریزی مکانی – زمانی ارائه خدمات حمل و نقل شهری عمومی با استفاده از مدل‌های مکان مبنا
مطالعه موردی: ایستگاه‌های اتوبوس منطقه ۶ تهران

نجمه نیسانی سامانی [۱] علی اصغر آل شیخ [۲]
زهرا عابدی [۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۰۹/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹[٤]/۰۷/۰٤

****

چکیده

رشد و توسعه شهرها در سال‌های اخیر و به‌تبع آن افزایش جمعیت شهرها، مشکلات عدیده‌ای را برای ساکنان به وجود آورده است که از آن جمله معضلات ایجاد شده در حمل‌ونقل است. حمل‌ونقل و جابجایی انسان و کالا فعالیتی مهم برای هر جامعه انسانی به شمار می‌آید و تأثیرات عمده‌ای بر روی الگوهای زندگی و تعاملات اجتماعی مردم خواهد داشت. ایستگاه‌های اتوبوس یکی از اجزای مهم این سیستم به شمار می‌آید و لازم است ایستگاه‌ها در محل‌هایی تعبیه شوند که باعث افزایش پوشش این سیستم در مناطق مختلف شهر شوند. لذا لازم است ایستگاه‌های سیستم اتوبوس‌رانی بر اساس چگونگی توزیع جمعیت و تنوع کاربری‌ها در مناطق مختلف شهری، طوری مکان‌یابی گردند که علاوه برافزایش دسترسی کاربران به این سیستم، زمان سفر را نیز کاهش دهند. بر این اساس در پژوهش حاضر به برنامه‌ریزی مکانی ـ زمانی ارائه خدمات حمل‌ونقل شهری عمومی با استفاده از مدل‌های مکان مبنا در منطقه ٦ تهران پرداخته‌شد. پس از مطالعه و بررسی‌های لازم بر روی منطقه موردنظر، ۱۷ شاخص در قالب سه معیار دسترسی، معیار جمعیتی و وضعیت تردد تعیین گردید. به‌منظور ارزیابی وضعیت ایستگاه‌های موجود و پیشنهاد ایستگاه‌های جدید در منطقه مورد مطالعه از نتایج مدل تحلیل شبکه (ANP) و مدل زمانی آلن[۵]، بهره برده شد. نتایج تحقیق نشان داد که از لحاظ مکانی، از کل مساحت ۱۵۵۷/۵ هکتاری منطقه حدود ۵۱ درصد در وضعیت مناسب و نسبتاً مناسب، ۳۰/٤۵ درصد وضع متوسط و حدود ۳۵/۱ درصد از کل مساحت منطقه در وضعیت نسبتاً نامناسب و نامناسب قرار دارد؛ و از لحاظ زمانی، از ۲٤٦ ایستگاه موجود و پیشنهادی، ۱۷ ایستگاه دارای اشتراک زمانی نمی‌باشند، ۲۲۹ ایستگاه دارای اشتراک زمانی می‌باشند، بنابراین از ایستگاه‌های دارای اشتراک زمانی برای سرویس‌دهی بیشتر استفاده می‌شود. پیشنهاد می‌شود برای ایستگاه‌های دارای پنج اشتراک، اتوبوس هر ۵ دقیقه یکبار، برای ایستگاه‌های دارای چهار اشتراک نیز هر ۵ دقیقه، برای ایستگاه‌های دارای سه اشتراک هر ۱۰ دقیقه، برای ایستگاه‌های دارای دو اشتراک هر ۱۵ دقیقه و برای ایستگاه‌های دارای یک اشتراک هر ۲۰ دقیقه اتوبوس از ایستگاه عبور کند.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی مکانی ـ زمانی، حمل و نقل شهری، فرایند تحلیل شبکه (ANP)، مدل زمانی

****

۱– دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشکده جغرافیا– دانشگاه تهران، (نویسنده مسئول) nneysani@ut.ac.ir
۲– استاد دانشکده مهندسی نقشه برداری ، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی alesheikh@kntu.ac.ir
۳– دانشجوی کارشناسی ارشد گروه تخصصی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست ، دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد علوم تحقیقات تهران ، ایران abedisa90@gmail.com
٤– تأخیر در پذیرش مقاله به دلیل تأخیر نویسندگان در ارائه نواقص مقاله می‌باشد.

5- Allen’s Temporal Interval Algebra

۱- مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت شهرها و افزایش عرضه وسایل نقلیه و در نتیجه کاهش ظرفیت راه‌ها، مسائل و مشکلات عمده‌ای را در نظام حمل و نقل بوجود آورده است. ایستگاه اتوبوسرانی یکی از حوزه‌های مورد مطالعه در برنامه‌ریزی شهری است که برنامه‌ریزان شهری از دیدگاه‌های مختلفی این مسائل و مشکلات را مورد بررسی قرار می‌دهند. طراحی و اجرای هر نوع سیستم حمل و نقل باید با مطالعه اولیه و مقدماتی صورت گیرد *(Henrik Hall,2006)*.

موضوع حمل و نقل و ترافیک که امروزه به عنوان یک پدیده سیاسی اجتماعی نقش بسیار حساس و مهمی در کیفیت و ساختار اقتصادی اجتماعی یک جامعه ایفا می‌نماید، اساس زندگی نوین شهری و نیازهای جا به جایی انسان را شکل می‌دهد. انسان متمدن امروزی باید بداند در روند تکامل شهرها، توسعه سیستم حمل و نقل به کجا می‌رود و چنانچه در به کارگیری و استفاده از اصول شهرسازی و ترافیک کمی غفلت کند ناگزیر وضعیت نسل کنونی و آینده را با خطرات بسیاری مواجه می‌سازد *(یزدان پناهی و همکاران،۱۳۹۰)*.

پس از طراحی و اجرای اولیه شبکه، به دلیل انعطاف‌ناپذیر بودن دستگاه‌های بهره بردار به ندرت می‌توان اقدامات اصلاحی انجام داد و یا در صورت امکان انجام اصلاحات اجرای آن مستلزم صرف هزینه و اتلاف وقت خواهد بود. لذا با توجه به محدودیت‌های موجود، برای دستیابی به سطح سرویس مورد نظر، طراحی بهینه شبکه حمل و نقل ضروری می‌باشد. یکی از ترکیبات کلیدی که در روش‌ها و تکنیک‌ها برای فهم بهتر حمل و نقل پدیدار شده است سیستم اطلاعات جغرافیایی است. از این تکنولوژی می‌توان در اندازه گیری میزان دسترسی شهروندان به سامانه، طراحی و ایجاد مسیرهای جدید برای حمل و نقل عمومی، نشان دادن بهترین مسیرها، بهترین محل جهت ایجاد ایستگاه‌های جدید و آنالیزهای مربوط به آن، زمان رسیدن اتوبوس، مدت زمان توقف و در مجموع مدیریت و سامان دهی بخش حمل و نقل همگانی استفاده نمود *(Soomro,T.R,Mahmood,R.,Path,2015)*.

آنچه متخصصین حوزه حمل و نقل جهان بر روی آن اتفاق نظر دارند، دستیابی به الگوی حمل و نقل پایدار در شهرها است. حمل و نقل همگانی تا حد زیادی به عنوان یک گزینه قابل اتکا برای حمل و نقل پایدار در نظر گرفته می‌شود. جهت افزایش سهم سیستم‌های حمل و نقل همگانی از سفرهای درون شهری لازم است تا اقداماتی جهت برنامه‌ریزی به سمت بهبود مدیریت و افزایش بهره‌وری آن انجام گیرد. در همین راستا، مهم‌ترین مرحله در روند برنامه‌ریزی این حوزه، اصلاح و یا بازتعریف مسیر خطوط شبکه می‌باشد. این فرایند بعنوان مرحله استراتژیک جهت مدیریت برنامه‌های بلند مدت شبکه شناخته می‌شود *(محسن ابوطالبی،۱۳۹۶)*.

مطالعه موردی در این تحقیق منطقه ٦ تهران می‌باشد که با توجه به ترافیک موجود، کاربری‌ها و دسترسی‌های حساس منطقه سعی شده است، جهت تعیین موقعیت مکانی ایستگاه‌ها و برنامه‌ریزی زمانی، مدلی ارائه شود. در طراحی این مدل از مدل‌های مکان مبنا استفاده شده است، به گونه‌ای که مدیریت مکان و زمان بصورت همزمان انجام گیرد.

همانطور که مطرح شد هدف در این مطالعه برنامه‌ریزی مکانی ـ زمانی ارائه خدمات حمل و نقل شهری عمومی می‌باشد. امروزه یکی از مسایل بسیار مهم شهرهای بزرگ حمل و نقل و ترافیک شهری است همچنین کمبود و نارسایی در سیستم حمل و نقل زمینی بخصوص اتوبوسرانی به عنوان یکی از موانع رشد و توسعه هر کشوری به شمار می‌رود یکی از موثرترین راه‌حل‌های این مشکل توسعه و تقویت سیستم اتوبوسرانی است با توجه به مشکلاتی که امروزه در اثر افزایش تعداد وسایل نقلیه در شهرهای بزرگ و متوسط ایران به وجود آمده است سیاست تقویت استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی از تدابیر ارزنده به شمار می‌رود. در این راستا برای بهینه سازی ناوگان اتوبوسرانی به منظور خدمات رسانی ایمن، مستمر، ارزان، سریع و مطلوب به متقاضیان سفرهای درون شهری تلاش گسترده ای را باید

آغاز کرد.

وارثی و همکاران در سال ۱۳۹٤ با استفاده از مدل ANP و منطق فازی ایستگاه‌های اتوبوس را در شهر خرم‌آباد مکان‌یابی کردند. در این مطالعه فرضیه عدم تناسب مکان‌یابی ایستگاه‌ها به‌عنوان فرضیه در نظر گرفته شد و لایه‌های اطلاعاتی فضاهای آموزشی، مراکز ورزشی، بهداشتی- درمانی، ایستگاه‌های موجود، مراکز تجاری، مراکز اداری، راه ارتباطی، تراکم جمعیتی و مراکز صنعتی مورداستفاده قرار گرفت. وی معتقد است بکارگیری تکنیک‌های منطق فازی به همراه تحلیل فضایی GIS توانسته است به عنوان ابزاری کارآمد در مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس مورد استفاده قرار گیرد. قرار گیری ایستگاه‌های اتوبوس در جوار راه‌های ارتباطی و نزدیکی به ایستگاه‌های موجود اتوبوس و فاصله مناسب آن از کاربری‌های صنعتی و آبراهه به خوبی قابلیت و توانایی مدل تحلیلی پژوهش را به اثبات رسانده است.

رحمان زندی در سال ۱۳۹٤ در مقاله‌ای با عنوان مکان گزینی ایستگاه‌های اتوبوس بر اساس مدل AHP (مطالعه موردی: شهر ایذه) ، جهت بهینه‌سازی ایستگاه‌های اتوبوس ابتدا کاربری‌های اراضی در بخش‌های مختلف شهر را مورد بررسی قرار داد و نقاط جذب سفر را مشخص کرد. سپس جهت تصمیم گیری برای انتخاب بهترین مکان برای ایستگاه اتوبوس ۷ معیار را در نظر گرفت، شامل زمان دسترسی، عرض مسیر عبوری، جمعیت در محدوده، فاصله با میدان یا چهاراه، تعداد مؤسسه‌های بزرگ در محدوده ایستگاه، قیمت زمین در نقطه احداث، نیاز سنجی شهروندان.

سعید نادی و محمدرضا دلاور در مطالعه‌ای با عنوان مدل‌سازی روابط توپولوژیک مکانی ـ زمانی در سال ۱۳۹٤، با استفاده مدل آلن[1] به بررسی انواع روابط زمانی پرداخته است. سپس با ترکیب این روابط زمانی با روابط توپولوژیک مکانی با استفاده از عملگرهای منطقی یا بصورت بصری کلیه روابط توپولوژیک بین پدیده‌های مکانی زمانی را بدست آورد. این روابط می‌تواند مبنای تحلیل بسیاری از پدیده‌ها باشند. نادی و دلاور معتقدند از مزایای روش ارائه شده در این تحقیق نسبت به روش‌های دیگر، قاعده‌مند بودن آن می‌باشد که تضمین می‌کند تمامی رابطه‌های ممکن استخراج شوند. استخراج ۱۰٤ رابطه توپولوژی مکانی زمانی و نیز روابط رویداد ـ رویداد و رویداد ـ حالت در این مقاله از نتایج روش ارائه شده می‌باشد. نمونه‌ای از کاربرد این روابط در مدیریت زمین و املاک با پیاده‌سازی یک سیستم کاربردی نشان دهنده مؤثر بودن روابط استخراج شده در کاربردهای عملی می‌باشد. با توجه به وجود عدم قطعیت در زمان وقوع پدیده‌ها شامل زمان شروع و پایان آنها، تعمیم روش ارائه شده در این مقاله برای در برگیری این عدم قطعیت بر اساس تعریف بازه‌های زمانی فازی می‌تواند یکی از جنبه‌های آتی این تحقیق باشد.

سعید نادی و همکاران در سال ۱۳۹۵ با استفاده از مدل آلن، بصورت تجربی ۱۳ رابطه زمانی بین دو زمان خطی را معرفی کردند. روابط معرفی شده تنها شامل روابط زمانی حالت ـ حالت بود و از پرداخت به روابط بین ابعاد دیگر زمان مانند رویداد ـ رویداد و نیز رویداد ـ حالت اجتناب شده بود. علاوه بر این عدم توجه به بعد مکان در تلفیق با بعد زمان برای بررسی روابط توپولوژیک مکانی - زمانی یکی دیگر از نواقص تحقیق مذکور بود.

آناند[2] و همکاران در ۲۰۱۲ در مطالعه‌ای به منظور تعیین بهترین موقعیت جهت کارخانجات از روش ANP بهره گرفته و در این مطالعه فاکتورهای اصلی نیروی کار، جمعیت، زیرساخت، تأمین‌کننده، بازار و مشتریان، اقتصاد، دولت و سیاست، قوانین، هزینه و شرایط خاص مکان در نظر گرفته شد و برای این معیارها ٤۳ زیر معیار تعریف شد.

آدبولا و نوسکو[3] در سال ۲۰۱۲ در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس در یک روش طولانی به ارتقاء سیستم حمل‌ونقل عمومی توسط تقویت اصل دسترسی خوب کمک خواهد کرد که ایمن،

1- Allen's Temporal Interval Algebra

2- Anand et al

3- Adebola and Enosko

کم‌هزینه، قابل‌دسترس، و قابل‌اطمینان است.

اولسان و همکاران در سال ۲۰۱۲ به این نتیجه رسیده‌اند مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس در یک روش طولانی به ارتقاء سیستم حمل و نقل عمومی توسط تقویت اصل دسترسی خوب کمک خواهد کرد که ایمن، کم هزینه، قابل دسترس، و قابل اطمینان است.

Szabolcs Duleba و همکاران (۲۰۱۸) در مقاله‌ای با عنوان " بررسی پارامتر بهینه در فرایند سلسله مراتب تحلیل بر داده‌های واقعی : کاربرد در توسعه خدمات حمل و نقل عمومی" ، شهر مرسین ترکیه را مورد مطالعه قرار داده‌اند و عنوان کرده‌اند که مقایسه دوبه دو عوامل، به بیان بهتر نظرات تصمیم گیرندگان کمک شایانی می‌کند.

۲- روش تحقیق

در مکان‌یابی تسهیلات شهری ازجمله ایستگاه‌ها، هدف یافتن مکان تعدادی از تسهیلات جدید است به‌صورتی‌که فاصله وزن‌دهی شده تمام استفاده‌کنندگان تا نزدیک‌ترین تسهیلات موجود حداقل شود. هر گره، نقطه‌ای از تقاضا و مجموعه‌ای از مکان‌های مناسب برای ایجاد تسهیلات به‌صورت نقاطی در شبکه می‌باشد. با استفاده از حداقل کردن فاصله وزن‌دهی شده، دسترسی حداکثر می‌شود. هنگامی‌که فاصله وزن‌دهی شده حداقل می‌شود، درنتیجه فاصله متوسط مراکز تقاضا با تسهیلات نیز به کمترین میزان ممکن تقلیل می‌یابد. فرض می‌شود که تعدادی کاربر یا مسافر درون‌شهری وجود دارد که نیاز به خدمات‌دهی از سوی ایستگاه‌های اتوبوس را دارند و تعدادی ایستگاه که سرویس‌دهی به کاربران را بر عهده دارند. یکی از عوامل اصلی در این مسئله کاربر می‌باشد که هر کاربر سطح تقاضایی دارد. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از دانش و تجربیات کارشناسان و وزن دهی به روش دانش داده‌ای، به هر یک از فاکتورها وزن تعلق می‌گیرد. بدین نحو که ابتدا وزن‌ها از طریق دانش کارشناسی و داده‌ای به صورت مجزا محاسبه شده، سپس وزن مطلوب با مقایسه مقادیر بدست آمده تعیین می‌گردد. در نتیجه احتمال وقوع اشتباه کاهش یافته و وزن‌ها به واقعیت نزدیک تر خواهند شد.

۲-۱- تکنیک DEMATEL

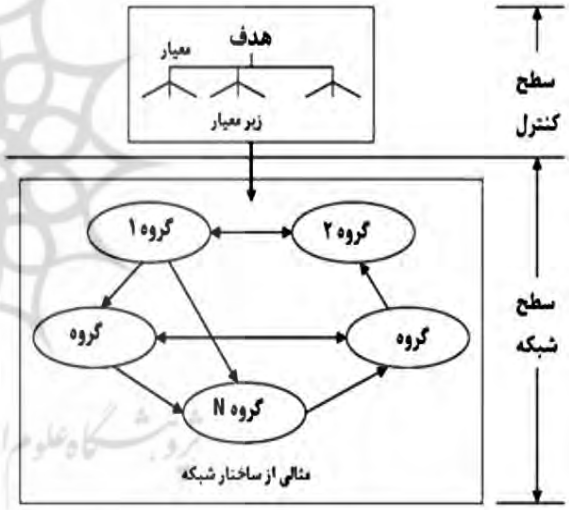
تکنیک دیمتل[1] توسط Fonetla و Gabus در سال ۱۹۷۱ ارائه شد. تکنیک دیمتل که از انواع روش‌های تصمیم‌گیری بر اساس مقایسه‌های زوجی است، با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی نظام‌مند به آنها با بکارگیری اصول نظریه گراف‌ها، ساختاری سلسله‌مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تأثیر و تأثیر متقابل ارائه می‌دهد، بگونه‌ای که شدت اثر روابط مذکور را به صورت امتیاز عددی معین می‌کند. روش دیمتل جهت شناسایی و بررسی رابطه متقابل بین معیارها و ساختن نگاشت روابط شبکه به کار گرفته می‌شود. از آنجا که گراف‌های جهت دار روابط عناصر یک سیستم را بهتر می‌توانند نشان دهند، لذا تکنیک دیمتل مبتنی بر نمودارهایی است که می‌تواند عوامل درگیر را به دو گروه علت و معلول تقسیم نماید و رابطه میان آن‌ها را به صورت یک مدل ساختاری قابل درک درآورد ***(Tzeng et al,2007)*** .

تکنیک دیمتل عموماً برای بررسی مسائل بسیار پیچیده جهانی به‌وجود آمد. دیمتل نیز برای ساختاردهی به یک دنباله از اطلاعات مفروض کاربرد دارد. به‌طوریکه شدت ارتباطات را به‌صورت امتیازدهی مورد بررسی قرار داده، بازخورها توأم با اهمیت آنها را تجسس نموده و روابط انتقال‌ناپذیر را می‌پذیرد. مهم‌ترین دلایل کاربرد فراوان آن در فرایندهای حل مسئله است. بدین صورت که با تقسیم‌بندی مجموعه‌ی وسیعی از عوامل پیچیده در قالب گروه‌های علت معلولی، تصمیم گیرنده را در شرایط مناسب‌تری از درک روابط قرار می‌دهد. این موضوع سبب شناخت بیشتری از جایگاه عوامل و نقشی که در جریان تأثیرگذاری متقابل دارند، می‌شود.

1- Decision Making Trial and Evaluation (DEMATEL)

۲-۲- روش تحلیل شبکه[1]

روش تحلیل شبکه یا ANP به وسیله آقای ساعتی در سال ۱۹۹۶ معرفی گردید که در ادامه نظریه AHP می‌باشد. با این تفاوت که این روش فرض مبنی بر عدم وجود رابطه بین سطوح مختلف تصمیم گیری را ندارد *(Dikmen and Birgonul, 2007: 5)*. در واقع مؤلفه‌های موجود در ساختار سلسله مراتبی از قوانین متفاوتی تشکیل شده‌اند که معمولاً مؤلفه‌های سطح پایین بر روی مؤلفه‌های سطح بالا اثر می‌گذارد. در این شرایط سیستم دارای ساختاری شبکه ای می‌گردد که مدل ANP از این ساختار شبکه‌ای نشأت گرفته است. نگاره ۱ رابطه ساختاری مدل ANP را نشان می‌دهد.



نگاره ۱ - ارتباط ساختاری مدل تحلیل شبکه

(Dikmen & Birgonul, 2007)

این سیستم را می‌توان به دو بخش مجزا تقسیم کرد: بخش اول که شامل رابطه شبکه‌ای بین هدف و زیر معیارهای اصلی می‌باشد و در واقع روابط داخلی سیستم را مورد تأثیر قرار می‌دهد. بخش دوم شامل ساختار سلسله مراتبی شبکه‌ای می‌باشد که روابط شبکه‌ای بین مؤلفه‌های زیر معیار و خوشه‌ها را تشکیل می‌دهد.

مدل ANP نه تنها روابط بین معیارها را محاسبه می‌کند بلکه وزن نسبی هر کدام از معیارها را نیز محاسبه می‌کند. نتیجه این محاسبات یک سوپرماتریس را تشکیل می‌دهد که بعد از محاسبات رابطه سوپرماتریس و نظرسنجی‌های تکمیلی، این امکان وجود دارد که وابستگی بین هر کدام از معیارها و انتخاب‌ها و وزن اولویت‌ها استنتاج شود. هر چه که وزن محاسبه شده بیشتر باشد اولویت بیشتری به آن اختصاص داده می‌شود. در نتیجه امکان آن وجود دارد که بهترین گزینه را انتخاب کرد *(ساعتی، ۲۰۰۳)*.

۲-۳- زمان

در دنیای واقعی همه چیز در حال تغییر است، بنابراین اصطلاح ایستا تنها به اشیائی می‌تواند اطلاق شود که در یک دوره کوتاه زمانی ثابت می‌باشند. ولی به هرحال همین اشیاء نیز در دوره زمانی بلند می‌توانند دارای تغییر باشند. از آنجایی که در سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) بدنبال مدل‌سازی دنیای واقعی می‌باشیم، بنابراین ناگزیر از توسعه شیوه‌هایی برای مواجهه با زمان و مدل‌سازی تغییرات اشیاء هستیم. یکی از شاخه‌های فعال تحقیقاتی در این زمینه، مدل‌سازی داده‌های مکانی تاریخی می‌باشد که مربوط به قابلیت حمایت از نسخه‌های مختلف یک پدیده از طریق طراحی یک مدل داده است *(Ma,L,Deng,M,Wu,J.and Liu,Q,2015)*.

تحقیقات در زمینه مدل‌سازی داده‌های زمانمند در GIS از اواخر ۱۹۸۰ شروع شد و به موازات تحقیق در زمینه پایگاه داده توصیفی زمانمند توسعه یافت. تاکنون مدل‌های مختلفی برای این منظور ارائه شده‌اند که تمرکز اصلی آنها بر شیوه ذخیره‌سازی داده‌های مکانی - زمانی می‌باشد. یکی از اولین مدل‌های ارائه شده مدل Snapshot می‌باشد. در این مدل، کل اشیاء وقتی یک تغییر رخ می‌دهد بعنوان یک نسخه جدید ذخیره می‌شوند. یکی دیگر از مدل‌های ارائه شده مدل STC[2] می‌باشد. در این روش پس از هر تغییر، فقط اشیاء تغییر یافته به همراه یک نسخه پایه ذخیره می‌شوند. علیرغم

1 -ANP

2- Space Time Composite

تلاش‌های فراوانی که تاکنون برای مدل‌سازی داده‌های مکانی زمانمند صورت گرفته است، اغلب مدل‌هایی که تاکنون ارائه شده‌اند، یا بصورت مفهومی بوده و کمتر مورد پیاده‌سازی قرار گرفته اند یا بصورت ویژه برای یک کاربرد بخصوص طراحی شده‌اند *(Ma,L,Deng,M,Wu,J.and Liu,Q,2015)*.

زمان یک مفهوم ذاتی است که تنها از طریق تأثیراتش می‌توان آن را درک کرد. در واقع گذر زمان تنها از طریق تأثیراتی که در مکان رخ می‌دهد قابل درک شدن می‌باشد. نیوتن زمان را به عنوان یک بعد مجزا و مشابه بعد مکان معرفی می‌کند.

در نگرش خطی به زمان برای تغییرات یک پدیده می‌توان دو مفهوم رویداد و حالت را تعریف کرد. حالت در واقع به وضعیت ثابت شئ بین هر دو تغییر متوالی گفته می‌شود. یک GIS غیر زمانمند تنها قادر به نمایش یک حالت از اشیاء مکانی می‌باشد *(Worboys,2003)*.

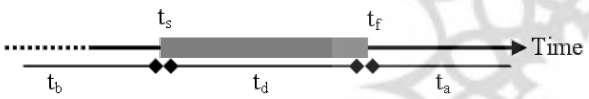
یک GIS زمانمند برای نمایش یک پدیده پویا نیازمند استفاده از مفاهیمی مانند رویداد می‌باشد. یک رویداد در حقیقت انتقال از یک حالت به حالت دیگر در یک پدیده زمانی می‌باشد.

رویدادها نسبت به حالت‌ها دوره زمانی بسیار کوتاه‌تری دارند. به عبارت دیگر می‌توان رویدادها را حالت‌هایی دانست که زمان شروع و پایان آنها در یک Chronon قرار می‌گیرد. Chronon بعنوان کوچکترین جزء گذر زمان تعریف می‌شود که بیشتر قابل شکسته شدن به اجزاء کوچکتر نمی‌باشد *(سعید نادی و همکاران ،۱۳۹۵)*.

۲-۳-۱- روابط توپولوژیک زمانی

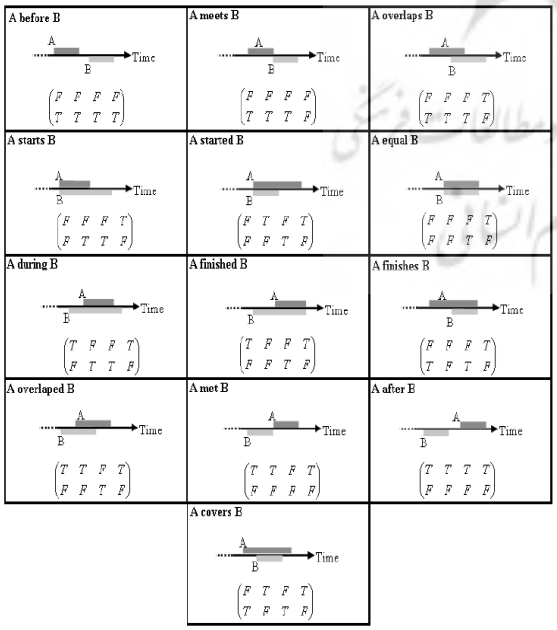
با فرض زمان به عنوان یک بعد مستقل، یکسری روابط زمانی برای اشیاء مختلف قابل بررسی خواهند بود. با در نظر گرفتن زمان بصورت خطی که عمده کاربردها در GIS را شامل می‌شود در دنیای واقعی هر شئ حضورش را در یک نقطه از زمان شروع می‌کند و برای یک بازه مشخص از زمان حضور دارد و در یک نقطه مشخص دیگر از زمان حضورش به پایان می‌رسد. بنابراین برای هر شیء می‌توان یک زمان شروع (t_s)، یک زمان پایان (t_f) و یک دوره زمانی ($t_d=t_f-t_s$) در نظر گرفت، با این قیود که اولاً زمان پایان باید حتماً بزرگتر از زمان شروع باشد و ثانیاً دو نسخه از یک شئ نمی‌توانند از نظر زمانی همپوشانی داشته باشند. با توجه به این مطالب و همانطور که در نگاره ۲ ملاحظه می‌شود می‌توان المان‌های زمانی زیر را برای هر شئ تعریف کرد *(Allen,j.1983)* .

- زمان قبل از شروع حضور یک شئ (t_b)
- زمان شروع حضور یک شئ (t_s)
- مدت زمان حضور یک شئ (t_d)
- زمان اتمام حضور یک شئ (t_f)
- زمان پس از حضور یک شئ (t_a)



نگاره ۲: انواع المان‌های زمانی یک شئ مکانی

(سعید نادی و همکاران ،۱۳۹۵)



نگاره ۳: روابط زمانی بین دو حالت

(سعید نادی و همکاران ،۱۳۹۵)

به منظور تشخیص همه روابط زمانی ممکن بین هر دو جفت از اشیاء مکانی-زمانی حداقل تعداد مقایسه‌های مورد نیاز عبارتند از:

۱- مقایسه بین زمان‌های شروع هر دو شئ
۲- مقایسه بین زمان‌های پایان هر دو شئ
۳- مقایسه بین زمان شروع شئ اول و زمان پایان شئ دوم
٤- مقایسه بین زمان شروع شئ دوم و زمان پایان شئ اول

با در نظر گرفتن هر دو زمان بصورت بازه‌ای و پدیده مربوطه بصورت حالت، سیزده رابطه زمانی را بین هر دو حالت می‌توان یافت. این روابط که در نگاره ۳ ارائه شده‌اند همان روابط معروف به عملگرهای Allen می‌باشند که وی برای دو زمان خطی ارائه کرده بود *(سعید نادی و همکاران ،۱۳۹۵)*.

۲-۳-۲- روابط توپولوژیک مکانی ـ زمانی

در این بخش قصد داریم با ترکیب دو مفهوم توپولوژی مکانی و زمانی به توپولوژی ترکیبی مکانی زمانی دست یابیم. در این قسمت ما خود را به زمان خطی بصورت بازه‌ای (حالت‌های زمانی) در مورد اشیاء مکانی برداری سطحی محدود می‌کنیم با این توضیح که روال ارائه شده می‌تواند برای بررسی این روابط در مورد انواع دیگر زمان‌ها و اشیاء مکانی نیز به سادگی بکار گرفته شود. تعداد روابط مکانی ممکن در فضای دو بعدی بین دو ناحیه هشت عدد می‌باشد که عبارتند از:

Disjoint, Contains, Inside, Equal, Meet, Covers, Covered by, Overlap.

و همانطور که در نگاره۳ نمایش داده شده است تعداد روابط زمانی بین دو حالت سیزده عدد می‌باشد که عبارتند از:

Before, Meets, Overlaps, Starts, Started, Equal, During, Finished, Finishes, Overlapped, Met, After, Covers.

برای ترکیب این دو دسته روابط، دو استراتژی را می‌توان برگزید:

در استراتژی اول با استفاده از عملگرهای منطقی And و Or روی مجموعه جواب هرکدام، به صورت مستقل عمل می‌شود. روش عملکرد در این استراتژی به این صورت است که ابتدا هر کدام از این روابط مکانی و زمانی بصورت مجزا روی مجموعه داده‌ها اعمال می‌شوند و سپس مجموعه جواب‌ها با استفاده از عملگرهای And یا Or ترکیب می‌شوند. این شیوه کل روابط مکانی - زمانی ممکن بین دو ناحیه را شامل می‌شود که برابر با یکصد و چهار عدد می‌باشد.

در استراتژی دوم با افزودن زمان به عنوان یک بعد قائم بر دو بعد مکانی مسطحاتی عملاً یک شئ مکانی-زمانی با نمایش سه بعدی خواهیم داشت. با بررسی روی روابط ممکن بین دو شئ مکانی زمانی، تعداد هشت رابط توپولوژیک مکانی زمانی بدست می‌آیند که عبارتند از:

ST-Disjoint, ST-Contains, ST-Inside, ST-Equal, ST-Meet, ST-Covers, ST-Covered by, ST-Overlap.

با عنایت به مطالبی که ذکر شد، در مورد روابط توپولوژیکی سه دسته پرسش را می‌توان مطرح کرد که عبارتند از:

- پرسش‌های توپولوژیک مکانی
- پرسش‌های توپولوژیک زمانی
- پرسش‌های توپولوژیک ترکیبی (مکانی زمانی)، *(سعید نادی و همکاران ،۱۳۹۵)*

۳- معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه شش شهرداری تهران در مرکز این شهر با مختصات جغرافیایی ۵۱,۳۹۹٤٦۷۲ ، ۳۵,۷۲۱۱۱۸٦ و با جمعیت ۲۵۱,۳۸٤ نفر (۱۳۹۵) و وسعت ۲۱۳۸/٤۵ هکتار از سمت شمال به بزرگراه همت، از سمت جنوب به محور انقلاب - آزادی، از شرق به بزرگراه مدرس و از سمت غرب به بزرگراه شهید چمران محدود شده است *(region6.tehran.ir)*.

منطقه شش از سویی به طور تقریبی در مرکزیت جغرافیایی شهر تهران قرار گرفته و از سوی دیگر به لحاظ همجواری با

مرکز ثقل قدیمی شهر و انتقال و حرکت تدریجی موقعیت مرکز شهر تهران به سمت شمال از مرکزیت فضایی- فعالیتی برخوردار شده است. در این میان با احداث عناصری چون وزارت کشاورزی در بلوار کشاورز کنونی، ساختمان‌های اداری در محورهای طالقانی و ایرانشهر و مراکز جدید شهری در مقیاس‌های عملکردی محدود تر در طول محورها یا محل تلاقی محورهای اصلی شهر مانند میدان انقلاب و ولیعصر که در منطقه شش واقع بوده اند، کالبد منطقه موقعیت مضاعف مرکزی به خود گرفت(طرح تفضیلی منطقه٦).

نگاره ٤: منطقه شش در شهر تهران

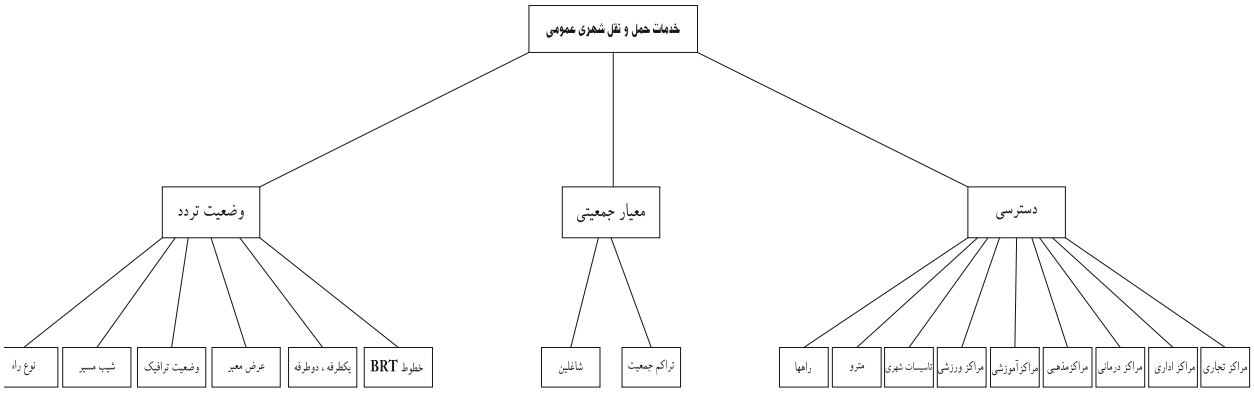
٤- تجزیه و تحلیل داده‌ها

این مقاله از نوع توصیفی – تحلیلی، و کاربردی است. بدین منظور با استفاده از منابع کتابخانه‌ای، پرسشنامه‌ای و میدانی، خطوطی برای ایستگاه‌های اتوبوس طراحی گردید. طراحی شبکه خطوط اتوبوسرانی بر روی زمان‌بندی اتوبوس‌ها تأثیر زیادی دارد. همچنین پس از طراحی و ایجاد شبکه، بدلیل انعطاف‌ناپذیر بودن در تغییر به ندرت می‌توان اقدامات اصلاحی انجام داد، بنابراین طراحی شبکه خطوط اتوبوس‌رانی به دو مرحله تقسیم شد. یکی بحث ایجاد ایستگاه‌ها و دیگری اختصاص دستگاه اتوبوس با زمان‌بندی مناسب به آن است. بدین منظور از روش تحلیل شبکه (ANP) جهت الگوی بهینه و مدل آلن برای زمان استفاده شده است.

٤-١- پیاده‌سازی و اجرا

با بررسی ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه، داده‌های موجود و دیدگاه کارشناسان، ۱۷ شاخص در قالب ۳ معیار دسترسی، معیار جمعیتی و وضعیت تردد، جهت برنامه‌ریزی مکانی ـ زمانی خدمات حمل و نقل شهری تعیین گردید.

پس از بررسی معیارها، فرم‌های تکنیک DEMATEL طراحی گردید و در اختیار ۳۵ کارشناس قرار داده شد تا نظرات کارشناسانه خود را بر روی معیارها اعمال کنند. میانگین وزن‌ها وارد نرم افزار Matlab شده و پس از کدنویسی نسبت تأثیرگذاری معیارها که به صورت ۰ و ۱ می‌باشد، بدست می‌آید. سپس مقایسه زوجی میان معیارها انجام می‌شود. امکان محاسبه وزن معیارها امکانپذیر می‌گردد. در این تحقیق، محاسبات این تکنیک، در نرم افزار Super Decision با توجه به ساختار حاصل از تکنیک DEMATEL انجام می‌شود.



نگاره ٥: معیارها و زیر معیارها

جدول ۱ : وزن نهایی زیرمعیارها

معیار	شاخص	وزن نهایی
دسترسی	تاسیسات شهری	۰/۰۳۶۲۷
	راه‌ها	۰/۰۲۳۱۲۶
	مترو	۰/۲۵۸۶۲
	مراکز آموزشی	۰/۰۷۳۴۷
	مراکز اداری	۰/۱۲۶۳۶
	مراکز تجاری	۰/۱۶۹۴۱
	مراکز درمانی	۰/۰۷۳۲۶
	مراکز مذهبی	۰/۰۳۱۳۵
معیارجمعیت	تراکم جمعیت	۰۴۰۱۲۵/۰
	شاغلین	۰/۵۹۸۷۵
وضعیت تردد	خطوط BRT	۰/۲۵۸۴۰
	یکطرفه دو طرفه	۰/۰۵۷۹۵
	عرض معبر	۰/۱۲۹۶۱
	وضعیت ترافیک	۰/۳۳۷۷۶
	شیب مسیر	۰/۰۳۸۰۸
	نوع راه	۰/۱۷۸۲۰

توضیح: منطقه مورد مطالعه فاقد مراکز ورزشی می‌باشد.

بر این اساس لایه‌های مجزایی برای معیارهای دسترسی(شامل مراکز تجاری، مراکز اداری، مراکز درمانی، مراکز آموزشی، مراکز مذهبی، مراکز ورزشی، تأسیسات شهری، راه‌ها، مترو) و معیار جمعیتی (شامل تراکم جمعیت و نرخ اشتغال) و معیار وضعیت تردد (شامل خطوط BRT ، خیابان یکطرفه و دوطرفه، عرض معبر، وضعیت ترافیک، شیب مسیرو نوع راه) آماده گردید که در ادامه لایه‌های مذکور آورده شده است.

٤-١-١- معیار دسترسی

مهم‌ترین عامل در معیار دسترسی، فاصله می‌باشد *(عراقی، ۱۳۹۲)*. براین اساس برای هر معیار (کاربری) استانداردی در نظر گرفته شده است که می‌بایست ملاک عمل قرار گیرد. برای هر معیار شعاع عملکردی مشخصی در نظر گرفته می‌شود.

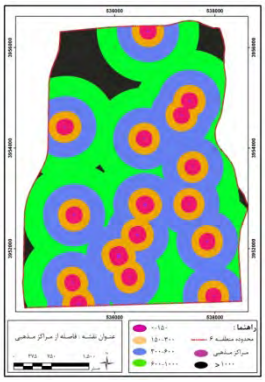
٤-١-٢- معیار جمعیتی

معیار جمعیتی به عنوان متغیری مهم برای درک رفتار سفر مورد توجه قرار می‌گیرد. دلیل این امر وجود رابطه ذاتی بین جمعیت و الگوی سفر است. لذا اهمیت مطالعه ارتباط میان حمل و نقل شهری و تراکم جمعیت بیش از پیش احساس می‌شود *(بابایی مراد، ۱۳۹٤)*.

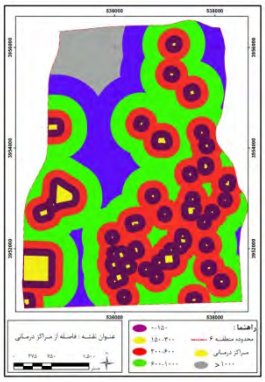
معیار جمعیتی شامل دو معیار تراکم جمعیت و نرخ اشتغال است. تراکم جمعیت از تقسیم کل جمعیت منطقه بر مساحت منطقـــه به دست می‌آید. نرخ اشتغال به صورت نسبی از تعداد جمعیت شاغل در قیاس با جمعیت فعال محاسبه می‌شود.

جدول ۲: فواصل استاندارد از کاربری‌ها به منظور برنامه‌ریزی مکانی زمانی ارائه خدمات حمل و نقل شهری عمومی

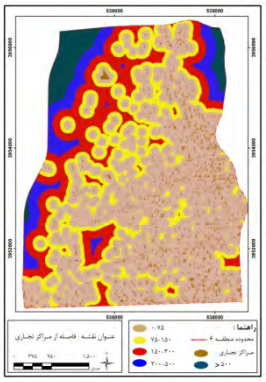
	مناسب	نسبتاً مناسب	متوسط	نسبتاً نامناسب	نامناسب
راه‌ها	**۰-۲۵**	**۲۵-۷۵**	**۷۵-۱۵۰**	**۱۵۰-۳۰۰**	>۳۰۰
مترو	۰-۲۵۰	۲۵۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	>۱۵۰۰
مراکز مذهبی	۰-۱۵۰	۳۰۰-۱۵۰	۶۰۰-۳۰۰	۱۰۰۰-۶۰۰	>۱۰۰۰
مراکز اداری	۰-۱۵۰	۳۰۰-۱۵۰	۶۰۰-۳۰۰	۱۰۰۰-۶۰۰	>۱۰۰۰
مراکز درمانی	۰-۱۵۰	۳۰۰-۱۵۰	۶۰۰-۳۰۰	۱۰۰۰-۶۰۰	>۱۰۰۰
مراکز تجاری	۰-۷۵	۷۵-۱۵۰	۱۵۰-۳۰۰	۳۰۰-۵۰۰	>۱۰۰۰
تأسیسات شهری	۰-۱۵۰	۳۰۰-۱۵۰	۶۰۰-۳۰۰	۱۰۰۰-۶۰۰	>۱۰۰۰
مراکز آموزشی	۰-۱۵۰	۳۰۰-۱۵۰	۶۰۰-۳۰۰	۱۰۰۰-۶۰۰	>۱۰۰۰



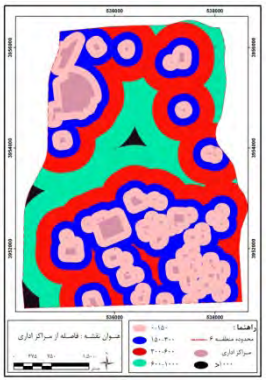
نگاره ٦: فاصله از مراکز مذهبی



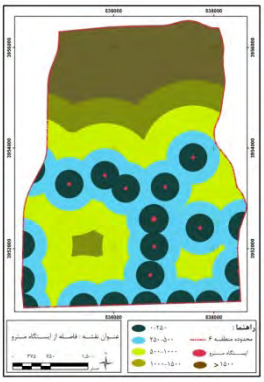
نگاره ۷: فاصله از مراکز درمانی



نگاره ۸: فاصله از مراکز تجاری

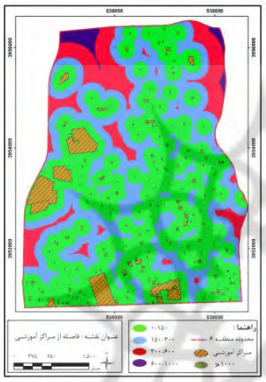


نگاره ۹: فاصله از مراکز اداری

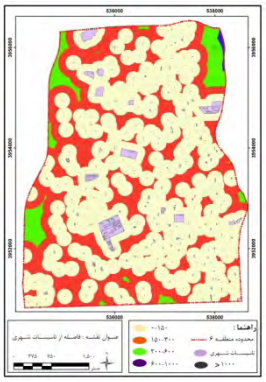


نگاره ۱۰: فاصله از ایستگاه مترو

نگاره۱۱: فاصله از راه‌ها



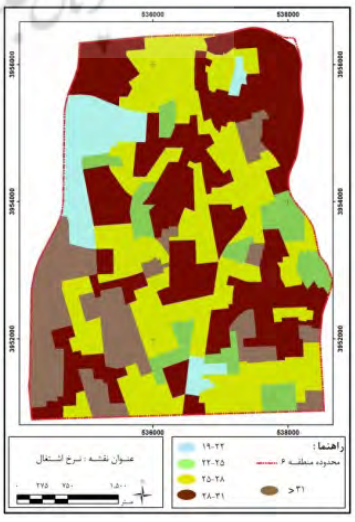
نگاره۱۲: فاصله از مراکز آموزشی



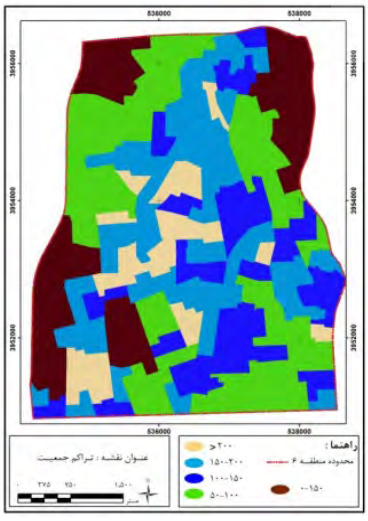
نگاره۱۳: فاصله از تاسیسأت شهری

جدول ۳: استاندارد نرخ اشتغال و تراکم جمعیت

	مناسب	نسبتاً مناسب	متوسط	نسبتاً نامناسب	نامناسب
تراکم جمعیت	۸۲۰۰<	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۵۰
نرخ اشتغال	>۳۱	۲۸–۳۱	۲۵–۲۸	۲۲–۲۵	۱۹–۲۲



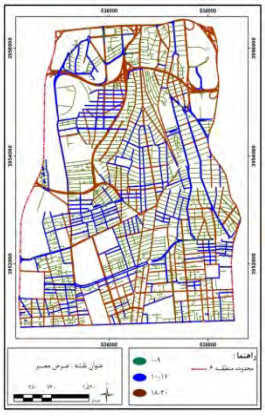
نگاره۱٤: نقشه نرخ اشتغال



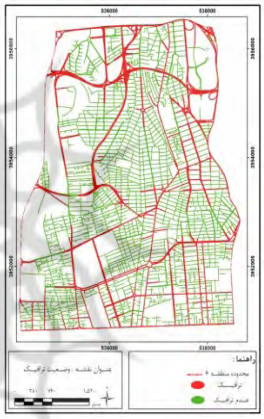
نگاره۱۵: نقشه تراکم جمعیت

جدول ٤: استانداردلایه‌های مرتبط به وضعیت تردد به منظورایجاد برنامه‌ریزی مکانی زمانی ارائه خدمات حمل و نقل شهری عمومی

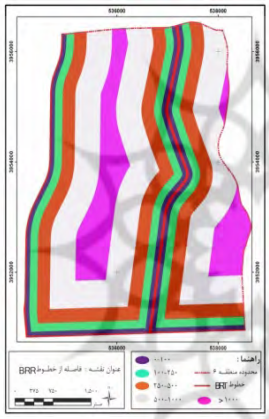
	مناسب	نسبتاً مناسب	متوسط	نسبتاً نامناسب	نامناسب
وضعیت ترافیک	d				n
عرض معبر	>۱۸		۹ ۱۸		۰-۹
یکطرفه دو طرفه	۲				۱
شیب مسیر	۰-۲	۲ - ۵	۵ - ۱۲	۰	>۱۲
ایستگاهBRT	>۱۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۰۰
نوع راه	۰-۲۵	۲۵-۷۵	۷۵-۱۵۰	۱۵۰-۳۰۰	>۳۰۰



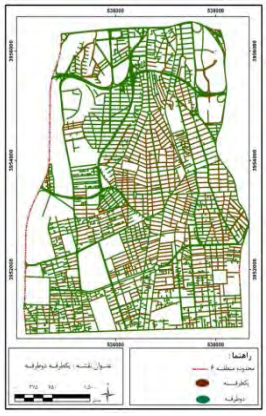
نگاره۱٦: نقشه عرض معبر



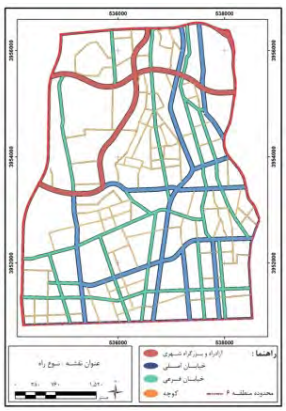
نگاره۱۷: نقشه وضعیت ترافیک



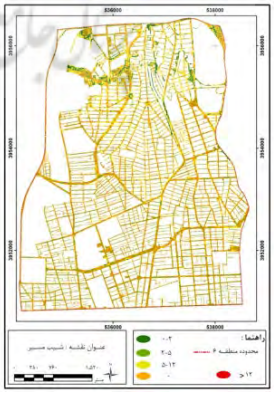
نگاره۱۸: نقشه فاصله از خطوط BRT



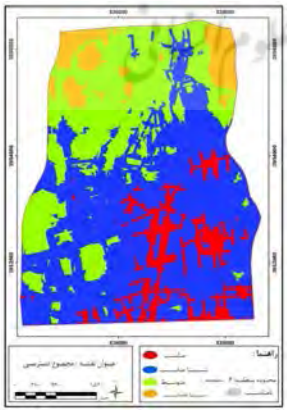
نگاره۱۹: نقشه خطوط یکطرفه و دوطرفه



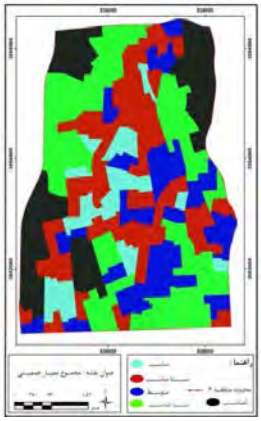
نگاره۲۰: نقشه نوع راه



نگاره۲۱: نقشه شیب مسیر



نگاره۲۲: مجموع زیر معیارهای دسترسی

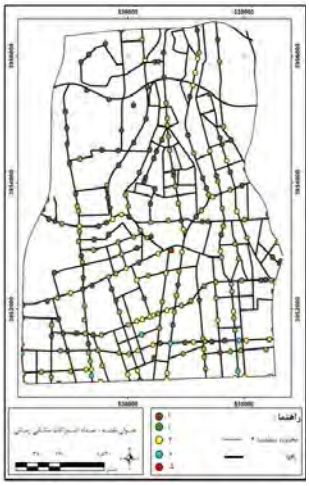


نگاره۲۳: مجموع زیر معیارهای جمعیت

نگاره۲٤: مجموع زیر معیارهای وضعیت تردد

نگاره۲۵:مجموع معیارهای خدمات حمل و نقل شهری عمومی

نگاره ۲٦: ایستگاه‌های موجود و ایستگاه‌های پیشنهادی)



نگاره ۲۷: تعداد اشتراکات هر ایستگاه اتوبوس نسبت به کاربری‌های اطراف آن

جدول۵: وزن نهایی معیارها

معیارها	وزن نهایی
دسترسی	۰/٤۹۸
جمعیتی	۰/۲۱۲
وضعیت تردد	۰/۲۹

٤-۱-۳- وضعیت تردد

وضعیت تردد از جمله عواملی است که طراحی و برنامه‌ریزی مناسب آن موجب افزایش بازدهی وعملکرد شهری و درنهایت موجب تسهیل در حمل و نقل شهری می‌گردد *(بابایی مراد، ۱۳۹٤)*. وضعیت تردد شامل وضعیت ترافیک، عرض معبر، نوع راه، خیابان یکطرفه دوطرفه، خطوط BRT و شیب مسیر می‌باشد. جهت تجزیه و تحلیل داده ها، با ضرب وزن‌های به دست آمده (جدول۱)، در لایه‌های مؤثر در معیارها با استفاده از نرم‌افزار GIS و در قسمت weighted overlay، همپوشانی وزن‌دار لایه‌ها صورت گرفته و لایه مجموع معیارها بدست می‌آید.

در نهایت، با ضرب وزن‌های به دست آمده در لایه‌های مؤثر در برنامه‌ریزی مکانی زمانی خدمات حمل و نقل شهری عمومی، لایه مجموع معیارهای خدمات حمل و نقل شهری عمومی بدست آمده است.

٤-۲- بررسی ایستگاه‌های موجود و پیشنهاد ایستگاه‌های جدید

در نقشه نهایی، بر اساس لایه بهینه‌ای که از ۱۷ شاخص بدست آمده (نگاره۲۵) و فاصله از ایستگاه‌های موجود، مطلوب‌ترین نقاط برای احداث ایستگاه‌ها نقطه‌گذاری گردیده اند. نگاره۲٦ بطور پیشنهادی ایستگاه‌های مناسب جهت احداث را نشان می‌دهد.

٤-۳- اجرای مدل زمانی (ALLEN)

در این بخش به منظور دستیابی به توپولوژی ترکیبی مکانی زمانی، دو مفهوم توپولوژی مکانی و توپولوژی زمانی ترکیب شده‌اند. با فرض زمان به عنوان یک بعد مستقل، یک‌سری روابط زمانی برای اشیاء مختلف قابل بررسی خواهند بود.

با در نظر گرفتن زمان بصورت خطی که عمده کاربردها در GIS را شامل می‌شود در دنیای واقعی هر شیء حضورش را در یک نقطه از زمان شروع می‌کند و برای یک بازه مشخص از زمان حضور دارد و در یک نقطه مشخص دیگر از زمان

حضورش به پایان می‌رسد.

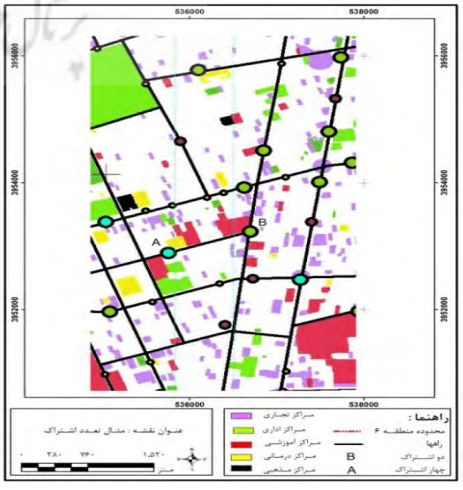
پارامتر اصلی پیاده‌سازی در مدل، بازه‌های مکانی و زمانی شاخص‌ها می‌باشد که براساس موقعیت ایستگاه اتوبوس نسبت به معیارهای مکانی و بازه‌های زمانی قابل بررسی می‌باشد. بازه‌های زمانی، پیک ترافیک در نظر گرفته شده و با استفاده از ترکیب زمانی بین المان‌ها (نگاره ۳)، ایستگاه‌های دارای اشتراکات مکانی و زمانی تعیین گردید.

برای هر کاربری، محدوده خدماتی در نظر گرفته شده است.

- مراکز اداری : ۵۰ متر
- مراکز تجاری : ۱۰۰ متر
- مراکز آموزشی : ۱۰۰ متر
- مراکز مذهبی : ۱۵۰ متر
- مراکز درمانی : ۱۰۰ متر
- ایستگاه‌های مترو : ۱۵۰ متر
- نرخ اشتغال : ۱۰۰ متر

ایستگاه‌ها علاوه بر اشتراک در کاربری، در زمان اوج ترافیک نیز اشتراک دارند. هر کاربری دارای یک یا چند پیک ترافیک می‌باشد.

در نگاره ۲۸، نقطه A با چهار کاربری (مراکز آموزشی، مراکز درمانی، مراکز اداری و مراکز تجاری) دارای اشتراک می‌باشد و نقطه B با دو کاربری (مراکز آموزشی و مراکز تجاری) دارای اشتراک مکانی می‌باشد.



نگاره ۲۸: مثال تعدد اشتراک

جدول ۵: ساعات اوج ترافیک

نوع کاربری	ساعات اوج ترافیک		
مراکز اداری	۸:۳۰ – ۶:۳۰	۱۸ – ۱۶	
مراکز تجاری	۲۱ – ۱۸		
مراکز آموزشی	۸:۳۰ – ۷	۱۴ – ۱۲	۱۸ – ۱۶:۳۰
مراکز مذهبی	۱۴ – ۱۲	۲۰ – ۱۸	
مراکز درمانی	۱۴ – ۸		
ایستگاه‌های مترو	۱۰ – ۸	۲۰ – ۱۶	
اشتغال	۸ – ۶:۳۰	۲۰ – ۱۶	

جدول ۶: زمان عبور اتوبوس در هر ایستگاه

تعداد اشتراک	زمان عبور اتوبوس در دقیقه
۱	۲۰ دقیقه
۲	۱۵ دقیقه
۳	۱۰ دقیقه
۴	۵ دقیقه
۵	۵ دقیقه

نقطه A با چهار کاربری (مراکز آموزشی، مراکز درمانی، مراکز اداری ومراکز تجاری)، در ساعت ۱۸ –۱۶:۳۰(مراکز آموزشی و اداری) دارای اشتراک زمانی می‌باشد و پایان ساعات ترافیک اداری و آموزشی با شروع ساعت ترافیک مراکز تجاری در تماس می‌باشد (نگاره ۲۸). از ساعت ۸ تا ۸:۳۰ مراکز اداری، مراکز آموزشی و مراکز درمانی دارای اشتراک زمانی هستند. بنابراین کارشناس با در نظر گرفتن میزان اشتراک مکانی برای هر ایستگاه، زمان عبور اتوبوس را مشخص می‌کند.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که عمده‌ترین قسمت سیستم حمل و نقل عمومی در کشورهای در حال توسعه را شبکه اتوبوس رانی شهری تشکیل می‌دهد، طراحی بهینه شبکه اتوبوس رانی با

هدف بهبود وضعیت حمل و نقل عمومی از اهمیت فراوانی برخوردار بوده و لازم است ایستگاه‌ها در محل‌هایی تعبیه شوند که باعث افزایش این سیستم در مناطق مختلف شهر شود.

در کنار این مسئله، احداث بی رویه ایستگاه‌های اتوبوس بدون در نظر گرفتن کاربری‌ها و ساعات اوج ترافیک موجب بالا رفتن تعداد دفعات توقف وسیله و در نتیجه افزایش زمان سفر و کاهش سرعت این سیستم در معابر شهری می‌گردد.

در این تحقیق سعی گردید تا مکان‌های مناسب جهت ایجاد ایستگاه‌های کاندید اتوبوس درون شهری در منطقه ٦ تهران با توابع GIS و تصمیم گیری تحلیل شبکه ANP و مدل زمانی آلن شناسایی شده، اقدام به بهینه سازی ایستگاه‌های کاندید شد.

مدل ANP نه تنها روابطه بین معیارها را محاسبه می‌کند بلکه وزن نسبی هر کدام از معیارها را نیز محاسبه می‌کند. هر چه که وزن محاسبه شده بیشتر باشد اولویت بیشتری به آن اختصاص داده می‌شود در نتیجه امکان آن وجود دارد که بهترین گزینه را انتخاب کرد.

زمان و مکان جزء غیر قابل تفکیک هر پدیده در دنیای واقعی می‌باشد.

از آنجائی که در سیستم‌های اطلاعات مکانی، مدل‌سازی پدیده‌های مکانی اولین گام در پردازش و تحلیل آن پدیده‌ها می‌باشد، افزودن قابلیت‌های لازم به منظور شامل شدن بعد زمان در مدل‌سازی‌ها امری اجتناب ناپذیر می‌باشد.

یکی از نیازهای اصلی در مدل‌سازی مکانی زمانی پدیده‌ها ایجاد قابلیت بررسی روابط توپولوژیک زمانی- مکانی بین پدیده‌ها برای تحلیل ارتباط مکانی و زمانی آنها می‌باشد.

در این تحقیق با استفاده از مدل زمانی آلن، کلیه روابط بین ابعاد مختلف زمان استخراج شده است.

بر مبنای مدل آلن، ساعات اوج ترافیک کاربری‌ها بررسی شد و اشتراکات مکانی ـ زمانی هر ایستگاه بدست آمد. بر اساس لایه بهینه و ایستگاه‌های موجود، ایستگاه‌های جدید پیشنهاد و با توجه به کاربری‌های اطراف ایستگاه‌ها و ساعات اوج ترافیک هر کاربری و اشتراکات مکانی ـ زمانی هر ایستگاه (بر اساس مدل آلن)، زمان عبور اتوبوس از هر ایستگاه تعیین گردید. مشخص شد که مدل ANP و مدل آلن می‌تواند قسمت بسیار کوچکی از فضای جستجو یا جواب‌های ممکن را جستجو کند و به پاسخ برسد.

در نهایت در این تحقیق به این نتیجه رسیدیم که: منطقه ٦ شهرداری تهران از لحاظ مکانی، ۱۵۵۷/٦۵ هکتار مساحت دارد، از این میزان مساحت ۱۸/۱۰ درصد در وضعیت مناسب، ۲۱/٤۱ درصد وضعیت نسبتاً مناسب، ۳۰/٤۵ درصد وضعیت متوسط، ۲۳/۸۸ درصد وضعیت نسبتاً نامناسب و ٦/۱۷ درصد در وضعیت نامناسب قرار دارد.

۲۸۱/۹۲۳ هکتار از لحاظ دسترسی مشکلی ندارد و ایستگاه نمی‌خواهد. منطقه دارای ۲٤٦ ایستگاه اتوبوس می‌باشد که ۱۸۵ ایستگاه موجود و ٦۱ ایستگاه پیشنهادی می‌باشد.

از لحاظ زمانی، از ۲٤٦ ایستگاه موجود و پیشنهادی، ۱۷ ایستگاه دارای اشتراک زمانی نمی باشند، ۸۷ ایستگاه یک اشتراک زمانی، ۸۹ ایستگاه دو اشتراک زمانی، ٤۲ ایستگاه سه اشتراک زمانی، ۱۰ ایستگاه چهار اشتراک زمانی و ۱ ایستگاه پنج اشتراک زمانی دارد.

٤۲/۲۸ درصد ایستگاه‌ها ازلحاظ زمانی دارای وضعیت مناسب، ۳٦/۱۸ درصد در وضعیت نسبتا مناسب، ۱۷/۰۷ درصد در وضعیت متوسط، ٤/۰۷ درصد در وضعیت نسبتا نامناسب و ۰/٤۱ درصد در وضعیت نامناسب قرار دارد.

براساس نظر کارشناسان پیشنهاد می‌شود: برای ایستگاه‌های دارای ۵ اشتراک، اتوبوس هر ۵ دقیقه یکبار، برای ایستگاه دارای چهار اشتراک نیز هر ۵ دقیقه، برای ایستگاه دارای سه اشتراک هر ۱۰ دقیقه، برای ایستگاه دارای دو اشتراک هر ۱۵ دقیقه و برای ایستگاه دارای یک اشتراک هر ۲۰ دقیقه اتوبوس از ایستگاه عبور کند.

منابع و مآخذ

۱- ابوطالبی اصفهانی، رحیمی، نادی، عادلی مقدم؛ محسن، امیر مسعود، سعید، محسن؛ ۱۳۹۷؛ تعیین مسیر بهینه خطوط شبکه اتوبوس‌رانی با استفاده از (ANP) در محیط نرم‌افزار GIS جهت بهبود شاخص‌های مدیریتی و افزایش بهره‌وری سیستم، پژوهشنامه حمل و نقل، دوره ۱۵، شماره ۱، ۱۱۹ - ۱۰۵.

۲- بابایی مراد، عسگری؛ بهناز، علی؛ ۱۳۹٤؛ تأثیر ساختار فضای شهری بر میزان تقاضای حمل و نقل شهری، پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی حمل و نقل.

۳- زندی، سلیمانی مقدم، داوودی؛ رحمان، هادی، ارسلان؛ ۱۳۹٦؛ مکان‌گزینی ایستگاه‌های اتوبوس بر اساس مدل AHP با استفاده از GIS (مطالعه موردی: شهر ایذه). فصل‌نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم انداز زاگرس، دوره نهم ، شماره ۳ .

٤- عراقی حشمتی نیا، قیاسی؛ مرتضی، امید، رامین؛ ۱۳۹۲؛ ارزیابی شاخص‌های قابل استفاده و دسترسی در سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی، سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی حمل و نقل و ترافیک.

۵- نادی، سعید؛ ۱۳۹۱؛ مسیریابی کاربر پسند با استفاده از داده‌های ترافیک زمانمند، تصادفی و آنی، پایان نامه دکتری، دانشکده فنی، دانشگاه تهران.

٦- نیسانی سامانی، دلاور، ملک، آقاطاهر؛ نجمه، محمود رضا، محمدرضا، رضا؛۱۳۹٤؛ مدل‌سازی ارتباطات مکانی زمانی در یک سیستم راهیابی بافت آگاه با استفاده از سفارشی سازی جبر چند بازه‌ای فازی، نشریه علمی ـ پژوهشی علوم و فنون نقشه‌برداری، دوره پنجم، شماره ۲ .

۷- وارثی، شیران، عزیزی حسنوند؛ حمید رضا، غلامرضا، حدیث؛ ۱۳۹٤؛ مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس با مدل ANP و منطق فازی در GIS (نمونه موردی: شهر خرم آباد). نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دوره ٦، شماره ۲۳، دانشگاه اصفهان، اصفهان.

۸- یزدان پناهی، ملکی، ؛ملیسا، کیمیا؛ ۱۳۹۰؛ بررسی جایگاه حمل و نقل در توسعه اقتصادی پایدار، اولین کنفرانس اقتصاد شهری ایران.

9- Adebola, O., & Enosko, O. (2012). Analysis of Bus-stops locations using Geographic Information System in Ibadan North LGA Nigeria. Industrial Engineering Letters, ISSN, 2224-6096.

10- Afyouni I., C. Ray and Ch. Claramunt (2012) Spatial models for indoor and context-aware navigation systems: a survey. Journal of Spatial Information Science 4(1): 85-123.

11- Anand, G., Kodali, R., & Dhanekula, C. S. (2012). An application of analytic network process for selection of a plant location: a case study. International Journal of Services and Operations Management, 12(1), 35-66

12- Daniels, R., & Mulley, C. (2013). Explaining walking distance to public transport: The dominance of public transport supply. Journal of Transport and Land Use, 6(2), 5-20

13- Dikmen, Isik, M.T, Birgonul (2007), Using analytic network process for performance measurement in construction. College of Architecture, Georgia Institue of Technology, USA,1-11.

14- Ervin, S. M. (2012). Geodesign Futures – Nearly 50 predictions. Speech at DLA 2012 Conference: Geodesign, 3D Modeling, and Visualisation.

15- Fisher, T. (2014). On the rationale, definition and history of Geodesign. Speech at the Geodesign Conference in Copenhagen.

16- Henrik hall, carl (2006) a framework for evalution and design of an integrated public transportion department of science and technology, link opings university.

17- Holzmann C. and A. Ferscha (2010) A framework for utilizing qualitative spatial relations between networked embedded systems. Journal of Pervasive and Mobile Computing, 6: 362-381.

18- Hsin-Hung Lin , Jui -Hung Cheng . (2018). Design process by integrating DEMATEL, and ANP methods. Proceedings of IEEE International Conference on Applied System Innovation 2018 IEEE ICASI 2018-

Placemaking and Urban Sustainability, 6(3), 274-301. DOI: 10.1080/17549175.2013.788054.

28- Song, M., Li, W., Zhou, B. and Lei, T. (2016), Spatiotemporal data representation and its effect on the performance of spatial analysis in a cyber infrastructure environment – A casestudy with rasterzonal analysis. Computers & Geosciences. vol. 87, pp. 11-21.

29- Soomro,T.R,Mahmood,R.,Path. (2015) . Path Analysis Using ArcGis Web API , Science and Education Publishing.

30- Szabolcs Duleba , Sarbast Moslem.(2018). Examining Pareto optimality in Analytic Hierarchy Process on Real Data: An Application in Public Transport Service Development.https://doi.org/10.1016/j.eswa. 2018. 08.049.

31- Tzeng, G.H.Chiang and C.W. Li,2007. Evalution intertwined effectsin e-learning programs.A novel hybrid mcdm model based on DEMATEL. Exp. Stst. Appl., 36:1444-1458.

32- Worboys, M.F. (2003), "Event oriented approaches to spatiotemporal information," Proc. of the International Workshop on Next Generation Geospatial Information, Cambridg, Boston, USA.

Meen, Prior & Lam (Eds).

19- Ibeas, Á., dell'Olio, L., Alonso, B., & Sainz, O. (2010). Optimizing bus stop spacing in urban areas. Transportation research part E: logistics and transportation review, 46(3), 446-458.

20- Khitha, V . Govil, S., Gis in Public Transportation, Proc, of the 6th Annual international Conference – map India 2003, 28-30 Juanuary , New Delhi , india , pp. 1-6,2003.

21- Lee, S. G., and M. D. Hickman.)2011(. Travel pattern analysis using smart card data of regular users. Proceedings of the 90th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

22- Li, J. and Wong, D.W. (2014), STModelViz: A 3D spatiotemporal GIS using a onstraint-based approach. Computers, Environment and Urban Systems. vol. 45, pp. 34-49.

23- Lin, Yu-Hsin, Kune-Muh Tsai, Wei-Jung Shiang, Tsai-Chi Kuo, and Chih-Hung Tsai (2009) Research on using ANP to establish a performance assessment model for business intelligence systems, Expert Systems with Applications, Vol. 36, pp. 4135-4146.

24- Ma, L., Deng, M., Wu, J. and Liu, Q. (2015), Modeling spatiotemporal topological relationships between moving object trajectories along road networks based on egion connection calculus. Cartography and Geographic Information Science. vol. 42, pp. 1-15.

25- Masoomi, Z., Mesgari, M. S., & Hamrah, M. (2013). Allocation of urban land uses by Multi-Objective Particle Swarm Optimization algorithm. International Journal of Geographical Information Science, 27(3), 542-566.

26- Olsson T., T. Kakkainen, E. Lagerstam and L. Venta-Olkonen (2012) User evaluation of mobile augmented reality scenarios. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments (JAISE),4:29-47.

27- Paradis, T., Treml, M., & Manone M. (2013). Geodesign meets curriculum design: integrating Geodesign approaches into undergraduate programs, Journal of Urbanism: International Research on