ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2024.436788.2859

مقاله‌ی پژوهشی

کاربرد روش ترکیبی بهترین- بدترین و الگوریتم ژنتیک در تخمین میزان اهمیت اصول برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری زیست‌پذیر

ابوالفضل خویشداری[۱]- حمید میرزاحسین[۲]*- سیدکمیل صالحی کمامردخی[۳]- رامین انصاری[۴]

۱. دانشجوی دکتری عمران-برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران.
۲. دانشیار گروه مهندسی عمران-برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران (نویسنده مسئول).
۳. استادیار گروه مدیریت دولتی و مدیریت شهری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
۴. دانشیار گروه مهندسی عمران-عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۳۰ تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۳/۰۳/۱۸ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۰۸/۲۵ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۸

چکیده

امروزه با رشد روزافزون شهرنشینی و عدم تناسب زیرساخت‌های حمل و نقل با تقاضای استفاده از خودروی شخصی، اتخاذ برنامه‌های مناسب به منظور ایجاد تناسب مابین تقاضا و عرضه موجود حائز اهمیت است. در این راستا، برنامه‌ریزی حمل و نقل مبتنی بر اشتراک مدهای مختلف یک روش مناسب برنامه‌ریزی متناسب با فضا و طراحی المان‌های شهری است که بر اساس ۱۰ اصل بنیادین بنا نهاده شده است. این مقاله سعی در تعیین میزان اهمیت هر یک از آن‌ها در حوزه برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری زیست‌پذیر دارد. بدین منظور از ترکیب روش بهترین- بدترین با الگوریتم ژنتیک وزن بهینه هر یک از اصول تعریف‌شده تخمین زده شده است. جهت پیاده‌سازی روش پیشنهادی، کلان‌شهر تهران به عنوان یکی از پرتراکم‌ترین شهرهای خاورمیانه به عنوان نمونه موردی مدنظر قرار گرفت. برای جمع‌آوری نظرات خبرگان در ابتدا پرسش‌نامه شناسایی بهترین (بااهمیت‌ترین) و بدترین (کم‌اهمیت‌ترین) اصل طراحی و جمع‌آوری شد و در ادامه، پرسش‌نامه دوم به‌منظور بررسی وزن هریک از ۱۰ اصل معرفی‌شده در منابع استفاده شد. نتایج پرسش‌نامه اول نشان داد که از بین ۱۰ اصل معرفی‌شده، برای شهر تهران، اصل برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و شهر توأمان بیش‌ترین و اصل تعیین نرخ کرایه عادلانه مدهای مختلف حمل‌ونقلی کم‌ترین میزان اهمیت را داشته اند. مطابق با تحلیل پرسش‌نامه دوم و اجرای الگوریتم ژنتیک تا رسیدن به پایداری پاسخ‌ها، مشخص شد که اصل برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و شهر توأمان حدوداً سه برابر سایر اصول اهمیت دارد و در برنامه‌ریزی‌های حمل‌ونقل شهری باید به آن توجه ویژه‌ای شود. دلیل این موضوع می‌تواند فاصله‌ی قابل توجه شهر تهران از اصول زیست‌پذیر باشد و لذا هم‌افزایی در راه‌کارهایی که از دید یکپارچه و توأمان به‌دست خواهد آمد می‌تواند راهگشای حل مسائل پیچیده شهری باشد.

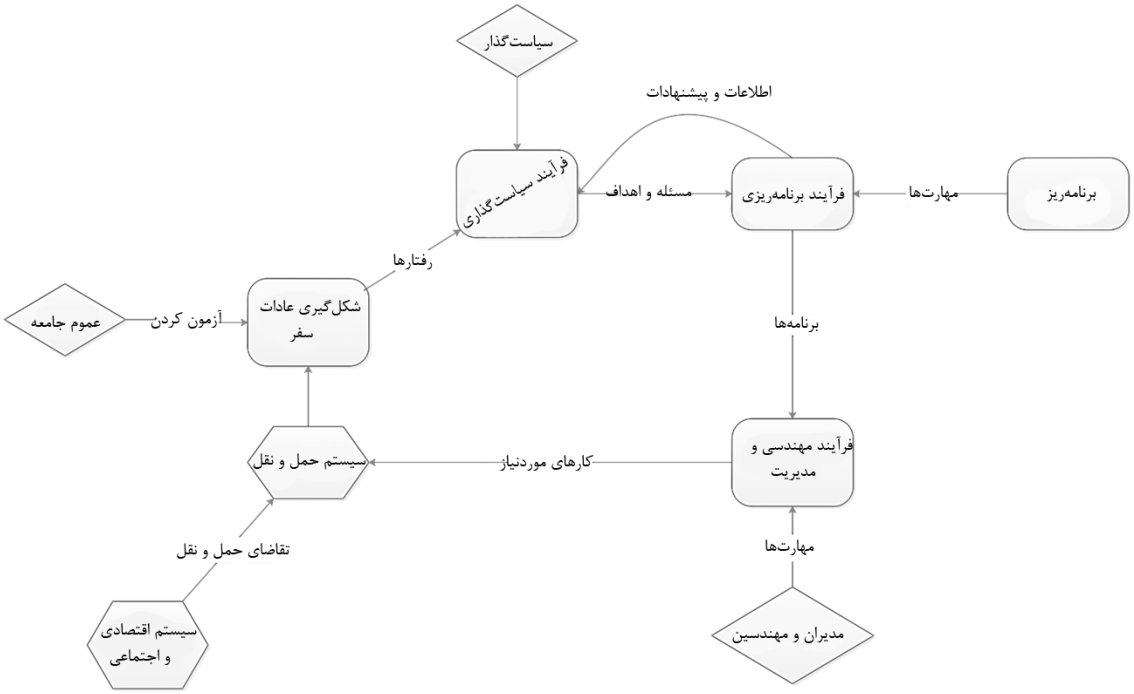
واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری، شهر زیست‌پذیر، بهترین- بدترین، الگوریتم ژنتیک.

* E-mail: mirzahossein@eng.ikiu.ac.ir

۱. مقدمه

از دیرباز تاکنون، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل دارای جایگاه ویژه‌ای در مطالعات شهری بوده است. نقش یک برنامه‌ریز حمل‌ونقل استفاده از مهارت‌ها و توانمندی‌ها در راستای جهت‌دهی و بهبود سیاست‌گذاری‌های حمل‌ونقل شهری به نفع مردم و محیط شهری است. گزینه‌های مختلفی که در این راستا ممکن است برنامه‌ریز حمل و نقل در نظر داشته باشد، می‌تواند به شکل سرمایه‌گذاری و ساخت راه‌های جدید، خطوط ریلی جدید، کانال‌ها، تعیین نرخ کرایه‌های حمل‌ونقل عمومی، نرخ استفاده از پارکینگ، تغییر در قوانین زیرساختی حمل و نقل شهری و غیره نمود پیدا کند. در بسیاری از موارد اشاره‌شده، سیاست‌گذاری‌ها می‌توانند منجر به تغییر در رشد اقتصادی و اجتماعی شود که ماحصل آن تغییر در خصوصیات سفر افراد است. بنابراین هدف برنامه‌ریزی حمل و نقل شکل‌دهی مناسب عادات سفر افراد می‌باشد. شکل ۱ ساختار کلی برنامه‌ریزی حمل و نقل را نشان می‌دهد (Starkie 1976).

شکل ۱: ساختار کلی برنامه‌ریزی حمل و نقل

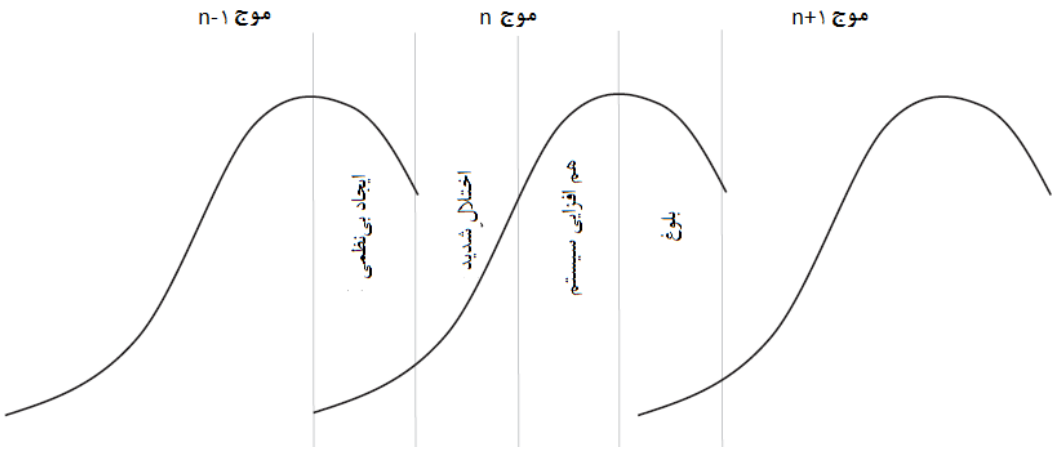


(Derrived from Gwilliam 1974)

از سال ۱۹۷۴ این مسئله مطرح بوده است و به منظور داشتن برنامه‌ریزی مناسب نیاز است تغییر در عادات سفر افراد از طریق کنترل سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی مناسب و ارائه سیستم‌های حمل و نقل تأثیرگذار در میزان تقاضا با توجه به ابعاد اقتصادی و اجتماعی خانوارها رخ دهد. اما در یک دهه اخیر، با ظهور فناوری‌هایی نظیر خودروهای خودران (AVs[1]) و غیره نیاز است تا برنامه‌ریزی مدون به‌گونه‌ای تنظیم گردد که به شکل مناسب پاسخگوی نیازهای شهری باشد.

تخمین‌ها حاکی از حضور تعداد ۱۰ میلیون خودروی خودران تا سال ۲۰۲۰ میلادی در دنیا است (Tech 2016). این موضوع از نظر محققین به‌عنوان موج ششم تغییر قلمداد می‌گردد که از سال ۲۰۱۲ آغاز شده و می‌توان آن را به عصر کلان داده‌ها، ردیابی مختصاتی و توسعه فناوری‌های هوشمند مرتبط دانست (Angelo and Vormann 2018). در حقیقت همان‌گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، هر تغییر بزرگی در دنیا چهار مرحله کلی شامل ایجاد بی‌نظمی اولیه در سیستم موجود، ایجاد اختلال شدید در سیستم، موازنه با سیستم و هماهنگی آن دو و در نهایت بلوغ تغییر مربوطه را شامل می‌شود.

شکل ۲: تغییرات چهار مرحله‌ای



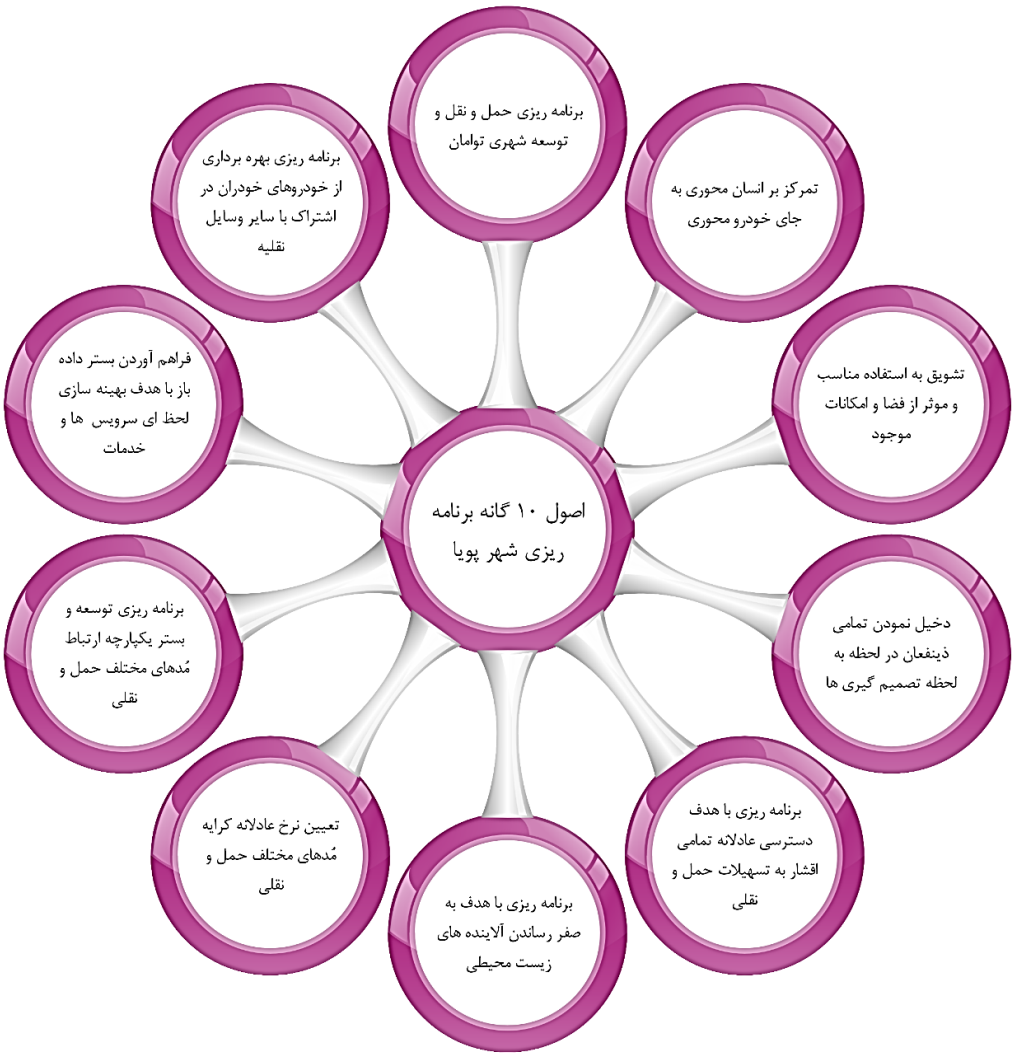
(Derrived from Angelo and Vormann 2018)

۲. اصول برنامه‌ریزی شهر پویا و قابل زیست

مطالعات نشان داده است که رشد روزافزون شهرنشینی منجر به افزایش میزان ازدحام ترافیکی، تأخیر وارده به وسایل نقلیه، افزایش زمان سفر، افزایش آمار تصادفات و کاهش عمر زندگی می‌شود (Goetz 2019). از دیدگاه افزایش ازدحام ترافیکی تحقیقاتی که به روی ۲۰۰ شهر مربوط به ۲۳ کشور انجام گردید و گزارش آن در سال ۲۰۱۸ منتشر گردید، نشان داد در بیش‌تر این شهرها، هریک از رانندگان به‌طور متوسط سالانه بیش از ۱۰۰ ساعت از زمان خود را در ازدحام ترافیکی تلف نموده‌اند (INRIX 2018). همچنین پژوهش‌ها نشان داده است افزایش روزافزون آمدوشد می‌تواند موجب بروز تصادفات و پیامدهای نامناسب آن گردد. به‌طوری که سالانه بیش از نیمی از تلفات سوانح ترافیکی شهری مربوط به قشر آسیب‌پذیر جامعه شامل: عابران پیاده، راکبین موتورسیکلت و دوچرخه‌سواران است (WHO 2018).

شهر پویا و زیست‌پذیر در حقیقت به مجموعه‌ای از راهکارها و سیاست‌گذاری‌هایی اطلاق داده می شود که به سبب آن افراد بتوانند در یک فضای منتسب شهری، به خوبی زندگی کرده و تعامل داشته باشند (Gunn and Davern 2020). شهر زیست‌پذیر و پویا در حقیقت شهری است که تمامی نیازهای مورد نظر انسان نظیر مسکن، اشتغال، آموزش و تحصیل، خدمات، حمل و نقل، سلامت و محیط اجتماعی و بصری مناسب تامین گردد (Lowe et al. 2015). شهر پویا و زیست‌پذیر به یک مفهوم جدی و بااهمیت در برنامه‌ریزی‌های محلی و منطقه‌ای مبدل شده است (Badland et al. 2014). همان‌طور که اشاره شد، یکی از اساسی‌ترین موارد جهت تحقق شهری پویا و زیست‌پذیر، حمل و نقل مناسب و در دسترس عموم است. در سال ۲۰۱۹ میلادی جمعی از محققین به سرپرستی پروفسور رابین چیس[۲] تحت حمایت یک سازمان غیردولتی بین‌المللی[۳]، اصول ۱۰گانه‌ای را مطرح نمودند که براساس آن دسترسی به حمل و نقل پایدار و متناسب با اهداف شهر پویا و زیست‌پذیر محقق می گردد (SMP 2017). اصول ۱۰گانه‌ی مطرح‌شده به شرح شکل ۳ است. در ادامه توضیحات هریک از اصول فوق ارائه گردیده است.

شکل ۳: اصول ده‌گانه برنامه‌ریزی شهر پویا و قابل زیست



(Derrived from SMP 2017)

اصل ۱) برنامه‌ریزی شهری و حمل و نقل توأمان

این اصل بیان می‌کند که توسعه، طراحی شهر و محیط آن، قانون‌گذاری به روی کاربری‌ها و نواحی مختلف شهری و دیگر خصوصیات کاربری معابر شهری و سیاست‌گذاری‌های آن بایستی به نوعی باشد که منجر به یک شهر با کاربری‌های تجمیع‌شده، دسترس‌پذیر، پویا و دربردارنده ابعاد مختلف توسعه پایدار باشد (SMP 2017).

اصل ۲) دیدگاه انسان‌محوری به‌جای خودرو محوری

هدف از این بخش، انسان محوری و تقدم دادن مُد حمل و نقلی عابر پیاده، دوچرخه، حمل و نقل عمومی و دیگر مُدهای حمل و نقلی اشتراکی است (SMP 2017).

اصل ۳) استفاده مناسب از فضای موجود در برنامه‌ریزی‌های حمل و نقل

مطابق اصل فوق، نیاز به خیابان‌ها و فضای لازمه جهت جابه‌جایی و پارک خودروها بایستی به حداقل برسد و لذا از توسعه زیرساخت‌های عظیم، تولیدات انبوه خودروهای بزرگ و نیز عرضه بالای پارک حاشیه‌ای جلوگیری به‌عمل آید (SMP 2017).

اصل ۴) برقراری ارتباط مناسب با ذی‌نفعان و دخیل نمودن آن‌ها در امر برنامه‌ریزی

در امر برنامه‌ریزی مطلوب است تا تمامی کاربرانِ اشاره‌شده، در قدم به قدم طراحی و پیاده‌سازی برنامه‌ها دخیل باشند (SMP 2017).

اصل ۵) رعایت اصل عدالت اجتماعی در برنامه‌ریزی حمل و نقل

برنامه‌ریزی حمل و نقل باید به گونه‌ای باشد که اطمینان حاصل نماید افراد صرف نظر از سن، جنسیت، نوع اعتقادات و مذهب، میزان درآمد و دیگر خصوصیات فردی‌شان بتوانند به حمل و نقل دسترسی داشته باشند (SMP 2017).

اصل ۶) جهت برنامه‌ریزی‌ها باید در راستای به صفر رساندن میزان آلاینده‌ها و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر باشد.

استفاده از حمل‌ونقل عمومی و اشتراکی و نیز استفاده مؤثر از خودروهای برقی می‌تواند زمینه‌ساز کاهش قابل توجه آلاینده‌ها گردد و در برنامه‌ریزی‌ها بایستی به آن توجه شود (SMP 2017).

اصل ۷) نرخ کرایه عادلانه برای مُدهای مختلف حمل و نقلی

هر یک از مُدهای حمل و نقلی بایستی به فراخور استفاده از تسهیلات زیرساختی معابر، استفاده تنها یا اشتراکی از وسایل نقلیه، میزان ازدحام ترافیکی که ایجاد می‌کنند، میزان آلودگی تولیدشده و نیز میزان استفاده از فضای پارک حاشیه‌ای نرخ کرایه عادلانه‌ای را بپردازند (SMP 2017).

اصل ۸) بایستی دسترسی مناسب و آزاد به داده‌های حمل و نقلی برای عموم فراهم گردد.

در برنامه‌ریزی‌ها بایستی بستری فراهم گردد که داده‌های حمل و نقلی و زیرساختی معابر ضمن اصل محرمانگی، خصوصی بودن و قابل اتکا بودن به داده‌ها بتواند مابین شرکت‌های مختلف به اشتراک گذاشته شود (SMP 2017).

اصل ۹) برنامه‌ریزی باید به نحوی باشد که بستر ارتباطات یکپارچه مُدهای مختلف حمل و نقل اشتراکی و غیره را فراهم نماید.

تمامی خدمات حمل و نقلی از دیدگاه بهره‌برداران، موقعیت‌های مختلف جغرافیایی و در ارتباط با مُدهای مختلف دیگر بایستی به‌صورت یکپارچه عمل نمایند (SMP 2017).

اصل ۱۰) در برنامه‌ریزی‌های حمل و نقل شهری (خصوصاً در محیط‌های متراکم شهری) پیشنهاد می‌گردد که استفاده از خودروهای خودران به صورت یک مد حمل و نقل اشتراکی باشد.

با توجه به پتانسیل مناسب تبادل اطلاعات در خودروهای خودران بایستی در نظر گرفته شود که هریک از خودروهای خودران (AV[۴]s) بخشی از ناوگان خودروهای اشتراکی باشند؛ ضمناً قانون‌گذاری آن‌ها به‌درستی انجام شود که زمینه‌ساز کاهش و حتی به صفر رسیدن آلاینده‌ها باشد (SMP 2017).

۳. روش تحقیق

آن‌چه تاکنون اشاره شد، در خصوص اصول برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری زیست‌پذیر بود. به منظور برنامه‌ریزی جهت تحقق اصول فوق، بایستی میزان اثرگذاری آن‌ها مورد محاسبه قرار گیرد. باتوجه به این‌که تاکنون پژوهشی در این خصوص انجام نگرفته است، مقاله فوق سعی در تکمیل این خلأ تحقیقاتی است. در ادامه روش فوق به شکل مناسب‌تری تشریح گردیده است.

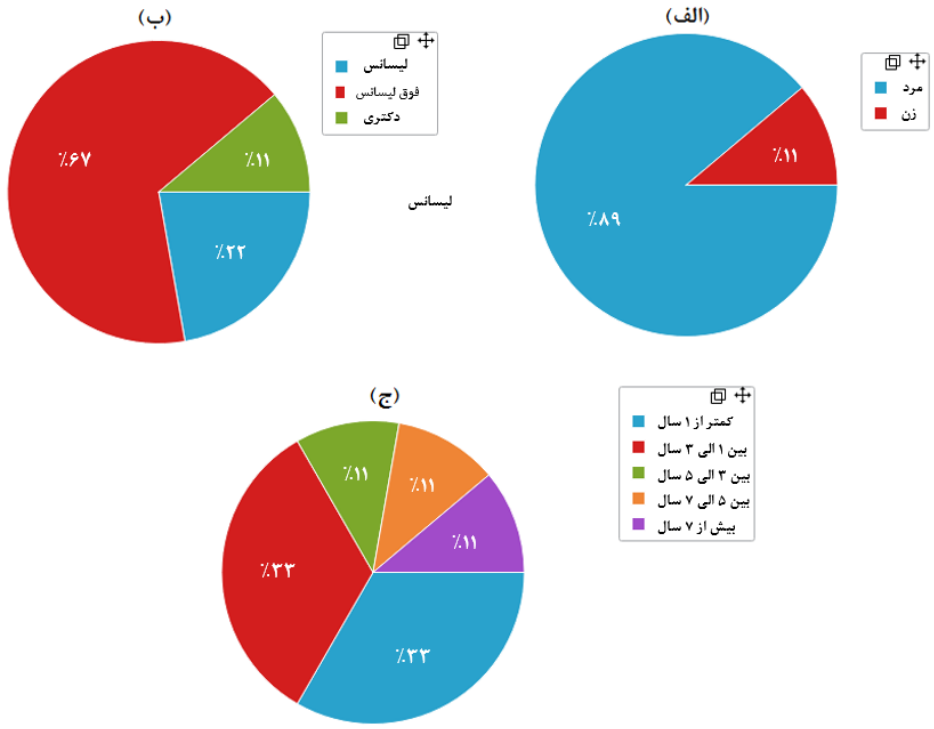
۳-۱- برداشت اطلاعات مورد نیاز

همان‌طور که پیش‌تر اشاره گردید، اصول ۱۰گانه شکل ۳ جهت تحقق برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری زیست‌پذیر الزامی است. در پژوهش حاضر به‌طور موردی شهر تهران به‌عنوان نمونه موردی ارزیابی شده است. از آن‌جایی که اجرای توأمان تمامی این اصول در تهران تاکنون تحقق نیافته است، نمی‌توان از روش‌های مشاهده‌ای جهت جمع‌آوری آمار و اطلاعات لازمه در خصوص تخمین اهمیت هریک از اصول ۱۰گانه استفاده نمود. از طرفی جمع‌آوری اطلاعات آماری لازم نظیر شرایط جریان ترافیک در شبکه معابر شهر تهران و سایر اطلاعات نظیر ترجیحات شهروندان در خصوص الگوی سفرها و نیز استفاده از سیستم‌های خودران امری بسیار پرهزینه بوده که بعضاً داده‌ای از آن موجود نیست، لذا در این مقاله سعی شده است از طریق بهره‌گیری از یک رویکرد کیفی مبتنی بر پرسش‌نامه، به بررسی اصول ۱۰گانه پرداخته شود.

در این مقاله از روش بهترین- بدترین (BWM[۵]) که روشی ساده‌تر و در عین حال دقیق‌تر در مقایسه با روش مرسوم تحلیل سلسله‌مراتبی AHP[۶] است، استفاده گردید (Rezaei 2015). به‌منظور دست‌یابی به هدف تحقیق سعی گردید تا از دو مرحله پرسش‌نامه به‌منظور تحلیل اصول برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری زیست‌پذیر استفاده شود.

در این پژوهش تعداد ۵۰ خبره با زمینه کاملا مرتبط با اهداف پژوهش یعنی دارای دیدگاهی مناسب در خصوص اصول برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شرکت نمودند. شکل (۴-الف) الی (۴-ج) شمایی از خصوصیات خبرگان را نشان می‌دهد. از لحاظ جمعیت‌شناختی، پرسش‌شدگان عمدتاً مردان با تحصیلات فوق‌لیسانس و با تجربه فنی بالای ۱ الی ۳ سال بوده‌اند. مطابق با ارزیابی‌های انجام‌شده پرسش‌نامه‌ها از روایی محتوا برخوردار بوده اند. در این تحقیق به منظور ارزیابی پایایی پرسش‌نامه ها، ضریب آلفای کرونباخ مورد محاسبه قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داده است، زمانی‌که مقدار این ضریب مابین ۰.۷۵ و ۰.۹۵ باشد، می‌توان پایایی پرسش‌نامه‌ها را نتیجه‌گیری نمود (Cronbach and Shavelson 2009). ضریب آلفای کرونباخ محاسبه‌شده برای این تحقیق برابر با ۰.۹۲۵ به‌دست آمد که پایایی پرسش‌نامه‌ها را نتیجه می‌دهد.

شکل ۴: تحلیل توصیفی خبرگان پرسش‌نامه؛ الف) توزیع جنسیت، ب) توزیع تحصیلات و ج) توزیع تجربه



در ابتدا تعداد ۲۵ خبره -که با زمینه مورد پژوهش آشنا بوده‌اند- به منظور شناسایی اصول بهترین و بدترین انتخاب گردیدند. بررسی پرسش‌نامه اول معطوف به این سوال بود که از میان ۱۰ اصل فوق کدام‌یک بهترین و کدام یک بدترین است. مطابق با بررسی‌های به‌عمل آمده مشخص شد اصل برنامه‌ریزی توسعه شهری و حمل و نقل توأمان بهترین (با اهمیت‌ترین) و اصل تعیین نرخ کرایه عادلانه مُدهای مختلف حمل و نقلی بدترین (کم اهمیت‌ترین) بودند.

در ادامه در تحقیق حاضر تعداد ۲۵ خبره دیگر جهت تکمیل پرسش‌نامه دوم تحقیق با هدف ارزیابی معیار بهترین نسبت به سایر معیارها و ارزیابی سایر معیارها نسبت به معیار بدترین طرح گردید. قابل ذکر است اندیس معیارهای مورد ارزیابی در جدول ۱ با ترتیب معیارهای معرفی‌شده در بخش دوم مقاله حاضر مطابقت دارد. در ادامه هریک از مقایسه‌های انجام‌شده (جدول ۱) میانگین‌گیری شد و سپس میانگین مقادیر به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد شد.

جدول ۱: جفت مقایسه‌های ارزیابی در روش بهترین- بدترین

ردیف	مقایسه	میزان نسبت	ردیف	مقایسه	میزان نسبت
۱	(اهمیت اصل۲ / اهمیت اصل ۱) = a_{B2}	۴	۱۰	(اهمیت اصل۷ / اهمیت اصل ۲) = a_{2w}	۳
۲	(اهمیت اصل۳ / اهمیت اصل ۱) = a_{B3}	۴	۱۱	(اهمیت اصل۷ / اهمیت اصل ۳) = a_{3w}	۵
۳	(اهمیت اصل۴ / اهمیت اصل ۱) = a_{B4}	۴	۱۲	(اهمیت اصل۷ / اهمیت اصل ۴) = a_{4w}	۵
۴	(اهمیت اصل۵ / اهمیت اصل ۱) = a_{B5}	۳	۱۳	(اهمیت اصل۷ / اهمیت اصل ۵) = a_{5w}	۴
۵	(اهمیت اصل۶ / اهمیت اصل ۱) = a_{B6}	۵	۱۴	(اهمیت اصل۷ / اهمیت اصل ۶) = a_{6w}	۳
۶	(اهمیت اصل۷ / اهمیت اصل ۱) = a_{B7}	۴	۱۵	(اهمیت اصل۷ / اهمیت اصل ۸) = a_{8w}	۴
۷	(اهمیت اصل۸ / اهمیت اصل ۱) = a_{B8}	۳	۱۶	(اهمیت اصل۷ / اهمیت اصل ۹) = a_{9w}	۴
۸	(اهمیت اصل۹ / اهمیت اصل ۱) = a_{B9}	۵	۱۷	(اهمیت اصل۷ / اهمیت اصل ۱۰) = a_{10w}	۲
۹	(اهمیت اصل۱۰ / اهمیت اصل ۱) = a_{B10}	۶			

۳-۲- تحلیل پرسش‌نامه‌ها مطابق با روش بهترین-بدترین

حل مسئله در روش بهترین- بدترین جهت تعیین وزن اهمیت اصول مورد مطالعه مطابق با نامعادلات (۱) و (۲) تحت شرایط قیدی (۳) محقق می‌گردد. در حقیقت روابط (۱) الی (۳) یک مسئله بهینه‌سازی با هدف تعیین کم‌ترین مقدار متغیر ξ به نحوی است که نامعادلات (۱) و (۲) تحت شرایط قیدی (۳) برقرار باشند (Rezaei 2016). در روش فوق وزن اهمیت اصول با نماد w نشان داده می‌شود. بنابراین w_1 نشان‌دهنده وزن اهمیت اصل اول است.

$$\left|\frac{w_B}{w_j} - a_{Bj}\right| \le \xi; \text{ به ازای تمامی } j\text{ها} \quad (۱)$$

$$\left|\frac{w_j}{w_W} - a_{jW}\right| \le \xi; \text{ به ازای تمامی } j\text{ها} \quad (۲)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_j = 1 \quad (۳)$$

در رابطه (۳)، w_j وزن اهمیت معیار j اُم، در روابط (۱) و (۲) w_B و w_W به ترتیب وزن اهمیت معیار بهترین و بدترین و ξ متغیر هدف که می‌خواهیم مقدار کمینه آن را پیدا کنیم است. همچنین a_{Bj} عبارت از مقایسه معیار بهترین نسبت با معیار j ام و a_{jW} مقایسه سایر معیارها با معیار بدترین می‌باشد.

جهت یافتن مقدار کمینه ξ بایستی در ابتدا نامعادلات تشکیل و سپس آن را از طریق روش‌های مناسب حل نمود. در روش بهترین- بدترین باتوجه به شرایط روش، زمانی‌که تعداد معیارهای مورد بررسی که وزن اهمیت آن‌ها مورد پرسش است از سه معیار تجاوز نماید، جواب مسئله به دلیل غیرخطی بودن نامعادلات یکتا نخواهد بود. در این راستا در یک بررسی تحقیقاتی به توسعه روش بهترین- بدترین به منظور خطی‌سازی نامعادلات پرداخته است (Rezaei 2016). در این روش به جای حل مسئله با نامعادلات (۱) و (۲) و شرایط قیدی (۳)، مسئله جدیدی طرح می‌گردد که در آن هدف کمینه نمودن متغیر جدید ξ^L با برقراری نامعادلات (۴) و (۵) و معادله قیدی (۶) است.

$$|w_B - a_{Bj}w_j| \le \xi^L; \text{ به ازای تمامی } j\text{ها} \quad (۴)$$

$$|w_j - a_{jW}w_W| \le \xi^L; \text{ به ازای تمامی } j\text{ها} \quad (۵)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_j = 1 \quad (۶)$$

بایستی توجه شود هریک از مقادیر وزن معیارها (اصول مورد بررسی) مطابق با شرایط قیدی (۶)، متعلق به بازه [۰، ۱] است. از طرفی معمولا جهت داشتن یک شرایط سازگار ξ^L عددی کوچک‌تر از یک (هرچند بنا به فراخور مسئله می‌تواند بیش‌تر از یک هم باشد) به‌دست می‌آید. حال با فرض انجام محاسبات تا سه رقم اعشار، نیاز است تا مسئله به تعداد ۱۰۰۰۱۰ مرتبه حل گردد و بنابراین نیل به پاسخ نهایی زمان‌بر بوده و ممکن است روزها به طول انجامد؛ لذا می‌توان مسئله را از نوع NP-Hard[۷] دانست که به روش صریح حل آن تقریباً نشدنی است.

رویکرد بهینه‌تر استفاده از مفاهیم بهینه‌سازی نظیر الگوریتم ژنتیک است که در تحقیقات متعددی از رسته مهندسی حمل و نقل مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله این تلاش‌ها می‌توان به مدیریت زنجیره تامین و زمان‌بندی با هدف کاهش حجم فعالیت‌ها (Zegordi and Beheshti Nia 2009)، بهینه‌سازی فرآیند ایستگاه‌های باربری به منظور بررسی اثر عوامل مختلف ساختاری نظیر حجم ترافیک وسایل نقلیه باری، تعداد ایستگاه‌های باربری ثابت و سیار و نیز نرخ بر روی عملکرد ایستگاه‌های باربری (Mahmoudabadi and Tavakkoli-Moghaddam 2011)، حل مسئله زنجیره تامین ایستگاه‌های توزیع بار به منظور بهینه‌سازی فرآیندها از محل تولید تا محل توزیع بار (Antony Arokia Durai Raj and Rajendran 2012)، حل مسئله مدل‌سازی و تخصیص بار حمل و نقل مواد خطرناک (Ardjmand et al. 2016)، حل مسئله غیرخطی قیمت‌گذاری حمل‌ونقل (Ghassemi Tari and Hashemi 2016)، حل مسئله مسیریابی و زنجیره تامین حمل و نقل باری با در نظر گرفتن شرایط مُدهای حمل و نقلی

چندگانه (Fazayeli, Eydi, and Kamalabadi 2018)، مدل‌سازی اجاره و استفاده از دوچرخه‌های اشتراکی (Gao and Lee 2019)، حل مسئله شبکه توزیع بار هیدروژن با در نظر گرفتن دو نوع مد حمل و نقلی (Woo and Kim 2019)، حل مسئله بهینه‌سازی شبکه کالا (Chandra et al. 2021) و حل مسئله بهینه‌سازی زمان حرکت قطارها اشاره نمود (Hanczar and Zandi 2021).

در این مقاله به منظور حل نامعادلات (۴) و (۵) تحت شرایط قیدی (۶) از روش الگوریتم ژنتیک استفاده گردیده است. یک الگوریتم ژنتیک پایه شامل بخش‌های ورودی، خروجی و حلقه تکرار الگوریتم تا رسیدن به نتیجه بهینه می‌باشد (Katoch, Chauhan, and Kumar 2020).

شایان توجه است نظر به مفاهیم به‌کار گرفته شده در الگوریتم ژنتیک، این‌که کدام والدین جهت تولید فرزند جدید انتخاب شوند فرآیندی تصادفی است؛ هر مرتبه که مسئله بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک حل می‌گردد، می‌تواند جواب‌های متعددی را در پی داشته باشد. در پژوهش حاضر به‌منظور کاهش این پدیده سعی گردید تا مسئله به اندازه ۱۰ مرتبه اجرا گردد و اجازه داده شود تا مقادیر اولیه‌ای که به صورت تصادفی به وزن معیارها داده می‌شود، کاملا اختیاری باشد. دلیل انتخاب این ۱۰ مرتبه در نزدیکی مقادیر وزن اهمیت اصول محاسبه‌شده حاصل از ۱۰ مرتبه اجرای الگوریتم بود که به سبب آن نتایج به پایداری قابل قبول برسند.

۴. یافته‌ها

در این مقاله باتوجه به استفاده از روش بهترین- بدترین، تعداد ۱۷ مقایسه مابین اصول ۱۰گانه مورد نیاز است. مطابق با ارزیابی‌های حاصل از پرسش‌نامه، مقادیر اظهارات خبرگان به‌طور متوسط نتایج جدول ۲ را در بر داشته است که به منظور تشکیل نامعادلات استفاده می‌گردد. در مسائل الگوریتم ژنتیک به‌طور معمول تابع هدف بایستی به یک مقدار بهینه (مثلا حداقل) برسد.

جدول ۲: جفت مقایسه‌های ارزیابی در روش بهترین- بدترین

ردیف	مقایسه	میزان نسبت	ردیف	مقایسه	میزان نسبت
۱	a_{b2} = ۴	۴	۱۰	a_{2w} = ۳	۳
۲	a_{b3} = ۴	۴	۱۱	a_{3w} = ۵	۵
۳	a_{b4} = ۴	۴	۱۲	a_{4w} = ۵	۵
۴	a_{b5} = ۳	۳	۱۳	a_{5w} = ۴	۴
۵	a_{b6} = ۵	۵	۱۴	a_{6w} = ۳	۳
۶	a_{b7} = ۴	۴	۱۵	a_{8w} = ۴	۴
۷	a_{b8} = ۳	۳	۱۶	a_{9w} = ۴	۴
۸	a_{b9} = ۵	۵	۱۷	a_{10w} = ۲	۲
۹	a_{b10} = ۶	۶			

در خصوص تابع هدف، نظر به این‌که مقدار ξ_L عددی بزرگ‌تر یا مساوی با صفر است، بنابراین در یک حالت حدی، مقدار عددی سمت چپ هریک از نامعادلات (۴) حداکثر برابر با ξ_L خواهد بود. لذا می‌توان تابع هدف را به صورت جمع جبری مقادیر سمت چپ نامعادلات (۴) و (۵) در نظر گرفت. به عبارت بهتر تابع هدف پژوهش حاضر به فرم رابطه (۷) می‌باشد و هدف حداقل نمودن این تابع هدف است.

$$f = |w_B - 4w_2| + |w_B - 4w_3| + |w_B - 4w_4| + |w_B - 3w_5| + |w_B - 5w_6| + |w_B - 4w_7| + |w_B - 3w_8| + |w_B - 5w_9| + |w_B - 6w_{10}| + |w_2 - 3w_W| + |w_3 - 5w_W| + |w_4 - 5w_W| + |w_5 - 4w_W| + |w_6 - 3w_W| + |w_8 - 4w_W| + |w_9 - 4w_W| + |w_{10} - 2w_W| \quad (۷)$$

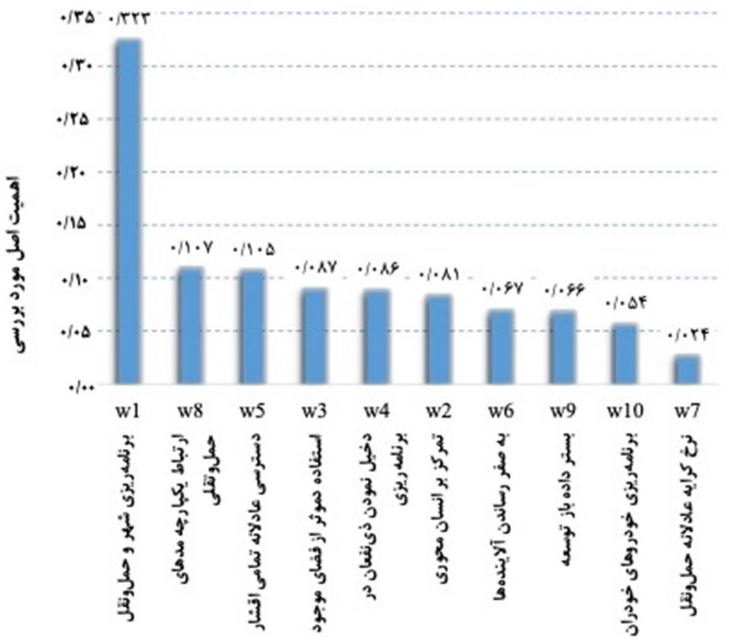
تابع فوق تحت شرایط قیدی معادله (۶) و این موضوع که هریک از وزن اهمیت اصول محاسباتی متعلق به بازه [۰، ۱] می‌باشد، حل می‌گردد. نتایج ۱۰ مرتبه آنالیز مربوط به الگوریتم ژنتیک به شرح جدول ۳ می‌باشد. میانگین مقادیر محاسبه‌شده فوق که در ردیف یکی مانده به انتهایی آمده، بیانگر وزن اهمیت اصول برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری زیست‌پذیر است.

جدول ۳: نتایج بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک طی ۱۰ مرتبه

شماره اجرا	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8	w_9	w_{10}	ξ^L
۱	۰.۳۲۷	۰.۰۸۱	۰.۰۸۲	۰.۰۸۲	۰.۱۰۷	۰.۰۶۸	۰.۰۲۵	۰.۱۰۷	۰.۰۶۶	۰.۰۵۴	۰.۴۴۰۷
۲	۰.۳۱۳	۰.۰۷۸	۰.۱۱۱	۰.۰۷۸	۰.۱۰۵	۰.۰۶۵	۰.۰۲۶	۰.۱۰۷	۰.۰۶۳	۰.۰۵۲	۰.۵۲۱۶
۳	۰.۳۲۹	۰.۰۸۴	۰.۰۸۱	۰.۰۸۱	۰.۱۰۹	۰.۰۶۶	۰.۰۲۴	۰.۱۱۰	۰.۰۶۶	۰.۰۴۹	۰.۴۶۸۳
۴	۰.۳۲۵	۰.۰۸۱	۰.۰۸۱	۰.۰۸۱	۰.۱۰۸	۰.۰۷۰	۰.۰۲۶	۰.۱۰۸	۰.۰۶۶	۰.۰۵۴	۰.۴۳۵۴
۵	۰.۳۳۱	۰.۰۸۲	۰.۰۸۳	۰.۱۱۳	۰.۰۸۹	۰.۰۶۶	۰.۰۲۲	۰.۰۹۱	۰.۰۶۶	۰.۰۵۵	۰.۵۹۰۹
۶	۰.۳۲۰	۰.۰۸۰	۰.۰۸۴	۰.۰۸۱	۰.۱۰۶	۰.۰۶۹	۰.۰۲۶	۰.۱۰۷	۰.۰۶۸	۰.۰۵۹	۰.۴۹۴۷
۷	۰.۳۱۵	۰.۰۷۸	۰.۰۹۶	۰.۰۷۹	۰.۱۰۴	۰.۰۶۳	۰.۰۲۳	۰.۱۲۵	۰.۰۶۴	۰.۰۵۳	۰.۵۳۲۴
۸	۰.۳۲۷	۰.۰۸۳	۰.۰۸۳	۰.۰۸۳	۰.۱۰۸	۰.۰۷۰	۰.۰۲۳	۰.۱۰۱	۰.۰۶۶	۰.۰۵۶	۰.۴۷۳۴
۹	۰.۳۲۸	۰.۰۸۲	۰.۰۸۲	۰.۰۸۴	۰.۱۰۵	۰.۰۶۵	۰.۰۲۱	۰.۱۰۸	۰.۰۷۰	۰.۰۵۵	۰.۴۵۰۶
۱۰	۰.۳۱۸	۰.۰۷۹	۰.۰۸۴	۰.۱۰۱	۰.۱۰۴	۰.۰۶۴	۰.۰۲۶	۰.۱۰۸	۰.۰۶۴	۰.۰۵۳	۰.۴۹۳۱
میانگین	۰.۳۲۳	۰.۰۸۱	۰.۰۸۷	۰.۰۸۶	۰.۱۰۵	۰.۰۶۷	۰.۰۲۴	۰.۱۰۷	۰.۰۶۶	۰.۰۵۴	۰.۴۹۰
انحراف استاندارد	۰.۰۰۶	۰.۰۰۲	۰.۰۰۹	۰.۰۱۱	۰.۰۰۵	۰.۰۰۲	۰.۰۰۲	۰.۰۰۸	۰.۰۰۲	۰.۰۰۳	۰.۰۴۵۵

نتایج انحراف استاندارد وزن‌های محاسباتی (ردیف آخر جدول ۲)، بیانگر نزدیکی نتایج اجرای ۱۰ مرتبه آنالیز الگوریتم ژنتیک و بنابراین پایداری نتایج است. با کمک محاسبه میانگین مقادیر وزنی می‌توان اصول برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری زیست‌پذیر را مطابق با نمودار شکل ۵ اولویت‌بندی نمود.

شکل ۵: اولویت‌بندی اهمیت اصول برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری زیست‌پذیر



مطابق شکل ۵ ملاحظه می‌گردد که سه اصل شامل: اصل برنامه‌ریزی شهر و حمل و نقل توأمان، ارتباط یکپارچه مدهای حمل و نقلی و دسترسی عادلانه تمامی اقشار به حمل و نقل به ترتیب بیش‌ترین میزان اهمیت را داشته‌اند. در ادامه چرایی هریک از نتایج به‌دست آمده از هر اصل و تطابق آن با شرایط شهر تهران به‌عنوان نمونه منتخب

جهت مطالعه آورده شده است:
۱. اصل برنامه‌ریزی حمل و نقل و برنامه‌ریزی شهری توأمان: طبعاً هرگاه برنامه‌ریزی حمل و نقل به صورت یکپارچه با برنامه‌ریزی شهری مدنظر قرار گیرد می‌تواند به صورت هم‌افزا نقاط قوت را تقویت و نقاط ضعف را نمایان سازد تا امکان ارائه‌ی طرحی جامع به لحاظ طراحی، برنامه‌ریزی و اجرا فراهم آید. این موضوع از نگاه خبرگان بسیار حائز اهمیت بوده زیرا در کلان‌شهر تهران باتوجه به وجود طرح‌های جامع و تفصیلی حمل‌ونقل و شهرسازی کماکان فاصله از شهری با تعریف اصول زیست‌پذیری فاصله دارد. لذا هم‌افزایی در راه‌کارها که از دید یکپارچه و توامان به دست خواهد آمد می‌تواند راهگشای حل مسائل پیچیده شهری باشد.
۲. اصل ارتباط یکپارچه مدهای حمل و نقلی: این موضوع که البته با فاصله قابل توجه نسبت به برنامه‌ریزی حمل و نقل و شهرسازی توان در ردیف دوم اولویت‌بندی اهمیت اصول برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری زیست‌پذیر قرار گرفته است به نظر می‌رسد که شهر تهران در نبود این اصل از تراکم ترافیک سنگین رنج می‌برد. به عنوان نمونه، خطوط حمل و نقل انبوه بر مانند مترو و اتوبوس‌های تندرو در گستره شهر تهران مانند ستون فقرات شبکه حمل‌ونقل همگانی گسترده شده‌اند، اما موی‌رگ‌های شبکه که همان تغذیه‌کنندگان این خطوط هستند به خوبی با این ابعاد ایجاد نشده‌اند. این تغذیه‌کنندگان می‌توانند شبکه خطوط ویژه دوچرخه و یا حتی عابرین پیاده باشد که امروزه با عنوان خیابان کامل[۸] استقبال خوبی از آن‌ها در دنیا شده است؛ لیکن در کلان‌شهر تهران کم‌تر به آن پرداخت شده است.
۳. اصل دسترسی عادلانه تمامی اقشار به حمل و نقل: این موضوع مفسر این است که دسترسی در شبکه حمل و نقل یکی از عناصر کلیدی در توسعه شهری و در بهبود تسهیلات حمل و نقلی است. توجه به دسترسی به ویژه زمانی اهمیت پیدا می‌کند که برخی از تسهیلات حمل و نقلی مختص اقشار خاصی از جامعه باشد و سایرین از آن محروم باشند. این موضوع در شهر تهران به‌ویژه در محدوده مرکزی آن که با طرح محدودیت تردد روبه‌رو است دوچندان اهمیت می‌یابد. به عنوان نمونه در محدوده طرح ترافیک، باتوجه به ممنوعیت تردد وسایل نقلیه به صورت آزاد، استفاده از موتورسیکلت با اقبال گسترده‌ای مواجه است. اما این امر عملا امکان دسترسی برای بانوان جامعه را با محدودیت مواجه ساخته است. به عنوان نمونه‌ای دیگر، اگر برنامه‌ریزی بدون توجه به اصل پنجم صورت پذیرد عملا توجه به خودروی شخصی بیش از پیش خواهد شود و اقشار مسن جامعه یا کودکان و نوجوانانی که امکان استفاده از خودروی شخصی را ندارند در برنامه‌ریزی‌ها دیده نخواهند شد.

۵. نتیجه‌گیری

امروزه برنامه‌ریزی حمل و نقل شهرها از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. لذا برنامه‌ریزی شهرها باید به‌گونه‌ای باشد که ضمن پاسخگویی به نیازهای دسترسی و جابه‌جایی بتواند محیطی پویا و زیست‌پذیر را فراهم نماید. هدف از این مقاله تعیین وزن اهمیت هریک از اصول ۱۰گانه برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری زیست‌پذیر است. اصول فوق بر پایه تحقیقات بین‌المللی انجام‌شده توسط جمعی از متخصصین تحت حمایت موسسه منابع جهانی[۹] تدوین گردیده است. در راستای تحقق اهداف پژوهش سعی گردید تا از ابزار پرسش‌نامه و مقایسه اصول با یکدیگر استفاده گردد. بدین منظور طرح پرسش‌نامه‌ها مبتنی بر رویکرد بهترین- بدترین که روشی معتبر و مناسب‌تر از روش تحلیل سلسله‌مراتبی[۱۰] است، انجام پذیرفت. در ابتدا سعی شد بر پایه نظر خبرگان بهترین و بدترین اصل که به ترتیب معنای پر اهمیت‌ترین و کم اهمیت‌ترین را دارا است، شناسایی گردد که به ترتیب اصل برنامه‌ریزی حمل و نقل و شهر توأمان و اصل تعیین نرخ کرایه عادلانه مدهای مختلف حمل و نقلی بود. در ادامه سعی گردید تا با طرح پرسش‌نامه، تعداد ۱۷ مقایسه مابین اصول مختلف انجام گردد که شامل دو دسته مقایسه -دست اول: مقایسه اصل بهترین با سایر اصول و دسته دوم: مقایسه سایر اصول با اصل بدترین- بود. در نهایت سعی شد تا آنالیز محاسبات وزن اصول مطابق با شرایط نامعادلات بهترین- بدترین تحت شرایط قیدی (جمع وزن اصول برابر با واحد می‌شود) انجام گیرد. با توجه به شرایط حل مسئله و نیازمندی به تعداد سعی و خطای بالا سعی شد تا از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک جهت تخمین وزن اصول بهره‌گرفته شود. الگوریتم فوق ۱۰ مرتبه اجرا شد و وزن اهمیت اصول به‌دست آمد. مطابق با بررسی‌های به‌عمل آمده مشخص شد وزن اصول فوق براساس ۱۰ مرتبه اجرا، نزدیک به هم بوده و می‌توان وزن‌های فوق را نهایی در نظر گرفت. میانگین وزن معیارها مطابق با شکل ۴ اولویت‌بندی گردید. نتایج نشان داد وزن اصل برنامه‌ریزی حمل و نقل و شهر توأمان حدودا سه برابر وزن سایر اصول مورد بررسی است و می‌تواند در برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری زیست‌پذیر مورد هدف اصلی قرار بگیرد. از جمله محدودیت‌های این تحقیق در عدم بررسی مناطق مختلف شهر تهران به تفکیک است. لذا محققین در تلاشند تا در تحقیقات آتی خود ضمن دخیل نمودن جامعه آماری بالاتر از متخصصین امر مربوط به هریک از مناطق شهر تهران، اثر ناهمگونی اهمیت اصول ۱۰گانه در مناطق مختلف شهر تهران را بررسی نمایند.

تشکر و قدردانی

این مقاله هیچ حامی مالی و معنوی نداشته است.

تعارض منافع

این مقاله فاقد هرگونه تعارض منافعی است.

تاییدیه اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیه اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

درصد مشارکت

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته‌اند.

پی‌نوشت

1. Autonomous Vehicles
2. Robin Chase
3. International NGO
4. Autonomous Vehicles
5. Best and Worst Model
6. Analytic Hierarchy Process
7. Non-Deterministic Polynomial-Time Hardness
8. Complete Street
9. WRI
10. AHP

فهرست منابع

- Angelo, Hillary, and Boris Vormann. 2018. “Long waves of urban reform.” *City* 22(5-6): 782-800. https://doi.org/10.1080/13604813.2018.1549850.
- Antony Arokia Durai Raj, K., and Chandrasekharan Rajendran. 2012. “A genetic algorithm for solving the fixed-charge transportation model: Two-stage problem.” *Computers & Operations Research* 39(9): 2016-2032. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cor.2011.09.020.
- Ardjmand, Ehsan, William A. Young, Gary R. Weckman, Omid Sanei Bajgiran, Bizhan Aminipour, and Nam-kyu Park. 2016. “Applying genetic algorithm to a new bi-objective stochastic model for transportation, location, and allocation of hazardous materials.” *Expert Systems with Applications* 51: 49-58. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.12.036.
- Chandra, Aitichya, M. N. Sharath, Agnivesh Pani, and Prasanta K. Sahu. 2021. “A multi-objective genetic algorithm approach to design optimal zoning systems for freight transportation planning.” *Journal of Transport Geography* 92: 103037. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103037.
- Fazayeli, Saeed, Alireza Eydi, and Isa Nakhai Kamalabadi. 2018. “Location-routing problem in multimodal transportation network with time windows and fuzzy demands: Presenting a two-part genetic algorithm.” *Computers & Industrial Engineering* 119: 233-246. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.03.041.
- Gao, Xuehong, and Gyu M. Lee. 2019. “Moment-based rental prediction for bicycle-sharing transportation systems using a hybrid genetic algorithm and machine learning.” *Computers & Industrial Engineering* 128: 60-69. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.12.023.
- Ghassemi Tari, Farhad, and Zahra Hashemi. 2016. “A priority based genetic algorithm for nonlinear transportation costs problems.” *Computers & Industrial Engineering* 96: 86-95. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.03.010.
- Goetz, Andrew R. 2019. “Transport challenges in rapidly growing cities: is there a magic bullet?” *Transport Reviews* 39(6): 701-705. https://doi.org/10.1080/01441647.2019.1654201.
- Gwilliam, K. M. 1974. *“Appraising urban transport policy - the new regime.”* Projection of population and households : PTRC summer annual meeting.
- Hanczar, Paweł, and Arash Zandi. 2021. “A novel model and solution algorithm to improve crew scheduling in railway transportation: A real world case study.” *Computers & Industrial Engineering* 154: 107132. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107132.
- INRIX. 2018. “Global traffic scorecard.” http://inrix.com/scorecard/.
- Katoch, S., S. S. Chauhan, and V. Kumar. 2020. “A review on genetic algorithm: past, present, and future.” *Multimed Tools Appl* (80): 8091-8126. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11042-020-10139-6.
- Mahmoudabadi, Abbas, and Reza Tavakkoli-Moghaddam. 2011. “The use of a genetic algorithm for clustering the weighing station performance in transportation – A case study.” *Expert Systems with Applications* 38(9): 11744-11750. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.03.061.
- Rezaei, Jafar. 2015. “Best-worst multi-criteria decision-making method.” *Omega* 53: 49-57. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009.
- SMP. 2017. “Shared Mobility Principles for Livable Cities Launched by Consortium of Transport Experts.” https://www.sharedmobilityprinciples.org/.
- Starkie, D. N. M. 1976. *“Transportation Planning, Policy and Analysis.”* Elsevier.
- Tech Business Insider. 2016. 10 million self-driving cars will be on the road by 2020. https://www.businessinsider.com/report-10-million-selfdriving-cars-will-be-on-the-road-by-2020-2015-5-6.
- WHO. 2018. Road traffic injuries. https://www.who.int/newsroom/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries.
- Woo, Young-Bin, and Byung Soo Kim. 2019. “A genetic algorithm-based matheuristic for hydrogen supply chain network problem with two transportation modes and replenishment cycles.” *Computers & Industrial Engineering* 127: 981-997. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.027.
- Zegordi, S. H., and M. A. Beheshti Nia. 2009. “A multi-population genetic algorithm for transportation scheduling.” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 45(6): 946-959. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tre.2009.05.002.

نحوه ارجاع به این مقاله

خویشداری، ابوالفضل، حمید میرزاحسین، سیدکمیل صالحی کمامردخی، و رامین انصاری. ۱۴۰۳. کاربرد روش ترکیبی بهترین- بدترین و الگوریتم ژنتیک در تخمین میزان اهمیت اصول برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری زیست‌پذیر. *نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر* ۱۷(۴۹): ۸۹-۱۰۱.

DOI: 10.22034/AAUD.2024.436788.2859

URL: https://www.armanshahrjournal.com/article_213353.html

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Armanshahr Architecture & Urban Development Journal. This is an open- access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/