

تبیین پیچیدگی‌های ساختاری در آینده‌نگری جمعیت‌پذیری مناطق کلانشهر تهران*

بهرام امین‌زاده گوهرریزی^۱، محمدمهدی عزیزی^{۲*}، سعید رستگار^۳
^۱دانشیار گروه شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
^۲استاد دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
^۳دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
 (تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۷/۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۱۰/۲۰)

چکیده

خطا در آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت و فعالیت می‌تواند به تحمیل هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی به شهر، مدیریت شهری و سایر ذی‌نفعان منجر شود. این پژوهش، ابتدا به ارزیابی عملکرد آینده‌نگری طرح‌های ساماندهی تهران، جامع تهران و جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، در مقایسه با نتایج سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن ۱۳۷۵ و ۱۳۹۵ می‌پردازد. سپس عوامل موثر بر خطای آینده‌نگری (شامل پیچیدگی‌های عام مسایل آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت و عوامل خاص بالقوه اثرگذار بر تغییرات توزیع فضایی جمعیت کلان‌شهر تهران) با استفاده از تحلیل آماری مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. یافته‌های پژوهش عبارتند از: (۱) آینده‌نگری‌های فوق‌الذکر از منظر خطای نسبی، تعداد خطاهای شدید و سوگیری وضعیت مطلوبی ندارند، (۲) از میان پیچیدگی‌های عام، تنها اثر افزایش بازه آینده‌نگری و اثرات متقابل سیاست‌های مبتنی بر آینده‌نگری‌های بخشی بر خطای یکدیگر به لحاظ آماری معنی‌دار است، (۳) از میان عوامل خاص، تنها اثر مساحت بافت فرسوده منطقه و فاصله منطقه از مرکز اشتغال بر افزایش جمعیت مناطق کلان‌شهر تهران به لحاظ آماری معنی‌دار است. بر اساس یافته‌های پژوهش، با کاهش طول بازه آینده‌نگری، اجتناب از برنامه‌ریزی‌های بخشی و ملاحظه عدم تمایل جمعیت به سکونت در مراکز اشتغال و بافت‌های فرسوده، می‌توان کیفیت آینده‌نگری‌ها و تحقق‌پذیری برنامه‌ریزی‌های مبتنی بر آنها را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی

آینده‌نگری جمعیت در مقیاس‌های کوچک، توزیع فضایی جمعیت، ارزیابی آینده‌نگری، خطای آینده‌نگری، تحلیل آماری، آزمون آماری.

*مقاله حاضر برگرفته از مطالعات نگارنده اول در دوره فرصت مطالعاتی ایشان طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در دانشکده شهرسازی پردیس هنرهای زیبای دانشگاه تهران است که با همکاری نگارندگان دوم و سوم به سرانجام رسید.
 *نویسنده مسئول: تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۱۴۸۴۱، شماره: ۰۲۱-۶۶۴۱۵۰۴، E-mail: mmazizi@ut.ac.ir.

مقدمه

(شرایط عینی)، تفاوت بسیار است. اگر چه آینده‌نگری کلان‌شهر تهران با تمام پیچیدگی‌ها، ابهام و عدم قطعیت‌های عام پیش‌بینی مواجه است و گرچه تحولات محیط برنامه‌ریزی در ایران و تأثیر عوامل برون‌زای غیرقابل کنترل اقتصادی و اجتماعی در قرن اخیر، به دشواری امر آینده‌نگری می‌افزاید، با این حال، چنانچه اراده و ضرورت امر برنامه‌ریزی شهری برای کلان‌شهر تهران پذیرفته شده است، ناچار از پیش‌نگری آینده با خطای معقول هستیم، زیرا ماهیت برنامه‌ریزی، پیش‌نگری است.

پرسش اصلی این پژوهش، از جهتی پرسش از چرایی عدم امکان دستیابی به حدود معقولی از خطا در آینده‌نگری متغیرهای کلان‌شهر تهران و همچنین بازشناسی عواقب این پدیده است. آیا تهران در حوزه مسائل برنامه‌ریزی شهری، اساساً پدیده‌ای غیرقابل پیش‌بینی است؟ در صورت پذیرش این مفهوم، آیا پیش‌بینی ناپذیری تهران، ناشی از عدم آگاهی از رفتار نیروهایی است که پدیده‌ای به نام تهران را در فرایندی مستمر شکل می‌دهند؟ اگر چه در ظاهر نوعی بینش هنجاری در رویکرد طرح‌های توسعه تهران مستتر است، با این حال، مجموعه‌ای از تصمیمات گسسته مقطعی که ناشی از رفتار آن نیروها است، بینش هنجاری را پس می‌زند. این پژوهش، به ارزیابی آینده‌نگری‌های یکی از متغیرهای کلان‌شهر تهران (توزیع فضایی جمعیت تهران) محدود می‌شود. ابتدا میزان خطای آینده‌نگری‌های توزیع جمعیت در طرح‌های جامع تهران و جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران به عنوان آخرین طرح‌های توسعه این کلان‌شهر، براساس شاخص‌های برگرفته از ادبیات موضوع، تبیین گردیده و با مقادیر مطلوب مقایسه می‌شود. سپس، عوامل بالقوه موثر بر خطای آینده‌نگری شامل پیچیدگی‌های عام مسایل آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت و نیز عوامل خاص موثر بر تغییرات جمعیت کلان‌شهر تهران مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

توزیع فضایی جمعیت و فعالیت در پیکره شهر و چگونگی تحول آن طی زمان، همواره یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فهم مناسبات واقعی شهر بوده است؛ به عبارتی، در اندیشیدن به ساختار شهر، این مفهوم نقش پایه‌ای داشته است. تلاش برای هدایت آینده‌نگری و مداخله در پخشایش جمعیت و فعالیت در مناطق یا بخش‌های مختلف شهر، همواره از مباحث اصلی دانش شهرسازی بوده و عموماً به عنوان مبنای برنامه‌ریزی شهری پنداشته شده است. در این زمینه، از جمله و به اختصار می‌توان به مدل ساده ون تون^۱ در مکان‌گزینی فعالیت‌ها- سکونت و بازار و تولید کشاورزی (دوایر متحدالمرکز) که متعلق به اواسط قرن نوزدهم است اشاره کرد یا به مدل هنسن که در اواخر دهه ۵۰ قرن گذشته ارائه شد. هنسن در رساله خود تحت عنوان «دسترسی و رشد سکونت» هدف تحقیقات خود را اینگونه شرح می‌دهد: «کمی‌سازی زمینه عمومی رابطه بین دسترسی یک محدوده با قابلیت رشد و جمعیت‌پذیری آن. به عبارت دیگر، فرایند تحقیق توزیع افزایش جمعیت کلانشهر به نواحی کوچک‌تر آن» (Hansen, 1959, 21). از دهه شصت قرن گذشته نیز تاکون، انواع شبیه‌سازی‌ها و مدل‌های پیچیده «تعامل بین حمل‌ونقل و کاربری زمین» در پی نیاز به برنامه‌ریزی سیستماتیک و آینده‌نگری بهتر کلان‌شهر ارائه شده است. این مدل‌ها که نوعاً ریشه در مدل لوری^۲ دارند، در پی تخمین توزیع جمعیت در پیکره کلان‌شهر، و تنظیم رابطه جمعیت پهنه‌های شهر با فعالیت هستند.

کلان‌شهر تهران، علی‌رغم برنامه‌ها و طرح‌های توسعه شهری، در آینده‌نگری توزیع جمعیت در مناطق مختلف موفقیت‌چندانی نداشته و همین مسئله، زمینه‌ساز اصلی بروز چالش‌های متعدد در مناسبات شهری بوده است. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد در زمینه توزیع جمعیت، بین آنچه که باید باشد (بایستی) به عنوان ویژگی ذاتی برنامه‌ریزی شهری، و آنچه که روی داده است

۱. پیشینه و روش تحقیق

یعنی شاخص‌های اعتبار صوری، امکان‌پذیری و به‌ویژه دقت آینده‌نگری مورد استفاده قرار گرفته‌اند که در ادامه تشریح شده‌اند:

• اعتبار صوری^۳: عبارت است از مناسب بودن مدل آینده‌نگری، مبتنی بودن بر داده‌های قابل اطمینان، مفروضات معقول و در نظر گرفتن عوامل موثر. منظور از مناسب بودن مدل، قابلیت آن در تأمین نیازهای آماری کاربران هدف و منظور از قابلیت اطمینان داده‌ها، دقت آنها و عدم فاصله زمانی زیاد (به نسبت تواتر انتشار) میان انتشار داده‌ها و انجام آینده‌نگری است (Smith et al., 2013, 304). مهم‌ترین عوامل موثر بر تغییرات جمعیتی

شاخص‌های متعددی برای ارزیابی روش‌ها و نتایج آینده‌نگری‌های جمعیتی پیشنهاد شده است. اسمیت و همکاران با مرور ادبیات، شاخص‌های مطلوبیت یک رویکرد آینده‌نگری را، ارائه جزئیات آماری لازم، اعتبار صوری، امکان‌پذیری، دقت، هزینه و زمان تولید قابل قبول، سهولت در اجرا و تفسیر، کارآیی به عنوان یک ابزار تحلیل، مقبولیت سیاسی و دقت پیش‌بینی برشمردند (Smith et al., 2013, 302-313). از این میان، بسیاری از شاخص‌ها در فاز انتخاب روش‌های آینده‌نگری کاربرد دارند و تأثیری بر نتایج آینده‌نگری ندارند. براین اساس، در این پژوهش، تنها شاخص‌های قابل استفاده در ارزیابی خروجی آینده‌نگری‌ها

متداول‌ترین شاخص اندازه‌گیری این معیار، متوسط قدرمطلق درصد خطا است؛ مهم‌ترین مزایای این شاخص، پایایی، سهولت تفسیر و روشنی معنی آن است (Tayman & Swanson, 1995, 1-). همچنین این شاخص، تقریباً از تمامی داده‌های موجود در محاسبه مرکز ثقل خطا استفاده می‌کند (Swanson et al., 2000). با این حال مانند سایر میانگین‌های حسابی، اثرپذیری بالایی از داده‌های دورافتاده دارد.

• پایین بودن تعداد خطاهای بزرگ و داده‌های دورافتاده؛
برای ارزیابی این معیار، از شاخص نسبت خطا به کوچک‌ترین خطا استفاده می‌شود که در آن، خطاهای با نسبت بالاتر از ۲۰ برابر کوچک‌ترین خطا، خطای بزرگ و دورافتاده به حساب می‌آیند (ESRI, 2007, 3).

• فقدان سوگیری^۳: در اینجا منظور از سوگیری جهت جبری خطای پیش‌بینی‌ها و شاخص آن نسبت (درصد) خطاهای مثبت / منفی است. اگر درصد خطاهای مثبت و منفی تقریباً برابر باشد، آینده‌نگری فاقد سوگیری و در غیر این صورت، آینده‌نگری دارای سوگیری است (Smith et al., 2013, 313).

در این پژوهش، از ابزار تحلیل آماری برای ارزیابی دقت و خطای آینده‌نگری‌های جمعیتی پیشین و نیز شناسایی عوامل موثر بر آنها استفاده شده است. با توجه به محدودیت‌های دسترسی به مدل‌های آینده‌نگری ملاک عمل طرح‌های ساماندهی تهران، جامع تهران و جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، برای ارزیابی کیفیت آینده‌نگری‌ها، به سه گام مقایسه آنها با مقادیر واقعی حاصل از سرشماری و مقایسه نتایج پیش‌بینی‌ها با هم و مقایسه پیش‌بینی‌ها با الگوهای تاریخی، اکتفا شده است. از آنجایی که دستیابی توأمان به هر چهار هدف فوق امکان‌پذیر نیست، پل پیشنهاد کرد تمرکز در وهله نخست به کمیته‌سازی متوسط خطای نسبی و تعداد خطاهای شدید معطوف شود و سوگیری نیز در اولویت بعدی مدنظر قرار گیرد (National Research Council, 1980, 51). پس از ارزیابی خطای پیش‌بینی‌ها، عوامل موثر بر خطا و همچنین عوامل موثر بر تغییرات جمعیتی مناطق (که در مدل‌های آینده‌نگری جمعیت مناطق تهران مورد استفاده قرار نگرفته‌اند) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. مطابق روند معمول در مطالعات آماری، از آزمون‌های آماری به شرح فرآیند ذیل استفاده می‌شود (Witte & Witte, 2010, 153-165):

گام ۱. آزمون انطباق داده‌ها با توزیع نرمال: برای این منظور، از آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف در سطح معنی‌داری ۰٫۰۵ استفاده شده است. فرض صفر این آزمون، انطباق داده‌ها با توزیع نرمال و فرض مقابل، عدم انطباق داده‌ها با این توزیع است. در صورتی که فرض صفر انطباق داده‌ها با توزیع نرمال رد نشود، در گام ۲، از آزمون‌های پارامتری و در غیر این صورت، از آزمون‌های ناپارامتری استفاده خواهد شد.

گام ۲. انجام آزمون‌های اصلی: آزمون‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل سه دسته از آزمون‌ها به شرح زیر هستند:

گام ۱-۲. آزمون برابری میانگین‌های دو نمونه: برای این منظور، در صورت نرمال بودن داده‌ها از آزمون t دو نمونه‌ای،

در مقیاس‌های منطقه‌ای و محلی نیز عبارتند از: ویژگی‌های فیزیکی (شامل اندازه ناحیه و وجود عوامل محدودکننده توسعه مانند کوه، دریاچه، سد و غیره)، ویژگی‌های مکانی (مانند فاصله از مراکز اشتغال، خرید و غیره)، الگوها و سیاست‌های کاربری (شامل تراکم جمعیت، پهنه‌بندی و محدودیت‌های کاربری)، ویژگی‌های مسکن (شامل تراکم مسکن، اندازه و ویژگی‌های آن)، ویژگی‌های حمل‌ونقل (مانند دسترسی به فرودگاه، راه‌آهن، بزرگراه و سایر مدهای سفر)، ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی (مانند درآمد، تحصیلات، اشتغال و فقر)، ویژگی‌های جمعیتی (شامل اندازه و ترکیب جمعیت، توزیع جغرافیایی جمعیت و غیره)، فرآیندهای جمعیت‌شناختی (مرگ‌ومیر، تولید مثل و مهاجرت) و جمعیت‌های خاص (زندانیان، دانشجویان مستقر در خوابگاه و غیره) (Murdock, Hamm, Voss, Fannin & Pecotte, 1991, 432-443).

• امکان‌پذیری^۴: منظور از امکان‌پذیری آینده‌نگری‌ها، میزان سازگاری آنها با روندهای تاریخی موجود، مفروضات ذاتی مدل و آینده‌نگری نواحی دیگر است. لازم به ذکر است که این شاخص، تنها نقش نشانه را ایفا می‌کند و عدم مطابقت با روندهای تاریخی / آینده‌نگری مناطق دیگر، الزاماً به معنی نامناسب بودن روش آینده‌نگری و نتایج آن نیست (Smith et al., 2013, 307).

• دقت مدل^۵: برای ارزیابی دقت مدل، مجموعه‌ای از روش‌ها و شاخص‌های ارزیابی خطا (اختلاف مقدار پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی جمعیت) پیشنهاد شده است. از جمله مرداک و الیس، برای ارزیابی دقت آینده‌نگری‌های جمعیت‌شناختی، رویه‌ای ۵ مرحله‌ای شامل گام‌های زیر را پیشنهاد می‌کنند (Murdock & Ellis, 1991): ۱) مقایسه آینده‌نگری با الگوهای تاریخی جمعیت‌شناختی، ۲) مقایسه برآوردهای مختلف برای جمعیت مناطق، ۳) نظرخواهی از مطلعین هر یک از مناطق، ۴) تحلیل حساسیت از طریق آزمون اثرات روش‌ها و مفروضات مختلف و ۵) مقایسه آینده‌نگری‌ها با مقادیر واقعی جمعیت حاصل سرشماری. این پژوهشگران توصیه می‌کنند حتی الامکان هر چهار گام نخست و در مقاطع زمانی سرشماری عمومی هر پنج گام، برای ارزیابی نتایج آینده‌نگری‌ها صورت پذیرد.

شاخص‌های آماری مختلفی برای مقایسه‌های فوق‌الذکر وجود دارد. «پنل برآورد جمعیت و درآمد در مناطق کوچک» در سال ۱۹۸۰، ضمن ناکافی خواندن ارزیابی متوسط خطا با معیارهایی نظیر میانگین خطا یا شاخص‌های نیکویی برازش مانند ضریب تشخیص^۶، چهار معیار ذیل را برای ارزیابی دقت آینده‌نگری معرفی می‌کند (National Research Council, 1980, 51):

• پایین بودن متوسط خطا که با معیارهایی چون میانگین خطا، متوسط قدرمطلق خطا و ضریب تشخیص قابل سنجش است. از این میان معیار ضریب تشخیص از سایر معیارها در ارزیابی نیکویی برازش مدل‌های آینده‌نگری متداول تر است.

• پایین بودن متوسط خطای نسبی: برای این معیار، شاخص‌هایی چون متوسط درصد خطا، متوسط قدرمطلق درصد خطا^۷، مجذور میانگین مربع درصد خطا^۸ پیشنهاد شده است.

شوند. همان طور که در جدول ۱ آمده است، در آینده نگرى جمعیت طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، از مدل گارین-لاوری استفاده شده است (شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، ۱۳۸۳). این مدل، گونه‌ای از مدل‌های تعامل بین حمل و نقل و کاربری زمین^{۱۳} به شمار می‌رود. داده‌های ورودی مدل این طرح، سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۵ بوده است. براساس این داده‌ها، جمعیت هریک از مناطق تا سال ۱۴۰۰ و در مقاطع پنج‌ساله برآورد شده‌اند.

طرح جامع تهران، جمعیت این کلان‌شهر را برای سال ۱۴۰۵، در سناریوهای مختلف براساس رشد طبیعی، مکان‌یابی استقرار کار و فعالیت، گرایش‌های بازار مسکن و ظرفیت جمعیت‌پذیری پیش‌بینی کرده است (نهاد مطالعات و تهیه طرح‌های توسعه شهری تهران، ۱۳۸۶). سپس با تلفیق سناریوهای رشد طبیعی، مکان‌یابی استقرار فعالیت و ظرفیت‌پذیری جمعیت و میانگین‌گیری از جمعیت برآوردی در این سناریوها، جمعیت تهران در سال افق طرح را ۸٫۶ میلیون نفر آینده‌نگری کرده است (ر.ک. جدول ۱). پس از این محاسبات و با توجه به عوامل فوق‌الذکر، توزیع بهینه جمعیت مناطق برآورد شده است. سال پایه محاسبات، سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۷۵ و سرشماری عمومی کارگاهی ۱۳۸۱ بوده است که با انتشار نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۸۵، این سرشماری جایگزین و برآوردها با لحاظ داده‌های جدید تعدیل شد.

طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، جمعیت مناطق را برای بازه‌های پنج‌ساله از جمله سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ برآورد کرده و امکان ارزیابی کیفیت آینده‌نگری طرح در این مقاطع را فراهم کرده است. طرح جامع تهران، فاقد چنین برآوردی است و جمعیت مناطق تنها برای سال افق طرح و جمعیت کل کلان‌شهر و حوزه‌های جمعیتی (شمال، جنوب، مرکز، غرب و شرق) برای بازه‌های پنج‌ساله برآورد شده‌اند. از آنجایی که روند آینده‌نگری جمعیت کلان‌شهر و حوزه‌های جمعیتی آن کمابیش خطی است (ر.ک. نمودار ۱)، و در بخش‌هایی از گزارش، صراحتاً به فرض خطی بودن روند افزایش جمعیت اشاره شده است (ر.ک. مطالعات جمعیتی طرح جامع تهران، ج ۳، ص ۵۵)، و با توجه به

و در غیر این صورت، از آزمون ناپارامتری مان-ویتنی استفاده می‌شود. فرض صفر هر دو این آزمون‌ها، برابری میانگین‌ها (میان‌ها) و فرض مقابل، نابرابری میانگین‌ها (میان‌ها) است. سطح معنی‌داری این آزمون و سایر آزمون‌های مورد استفاده در این پژوهش نیز برابر ۰٫۰۵ در نظر گرفته شده است.

گام ۲-۲. آزمون ضرایب رگرسیون: در این آزمون، مجموعه عوامل بالقوه موثر بر توزیع فضایی جمعیت به عنوان متغیر مستقل و تغییرات جمعیت مناطق در یک بازه زمانی مشخص به عنوان متغیر وابسته در یک مدل رگرسیون خطی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای تعیین معنی‌داری ارتباط هر یک از متغیرهای مستقل با تغییرات جمعیت (متغیر وابسته)، از آزمون ضرایب رگرسیون استفاده می‌شود. فرض صفر این آزمون، برابری ضریب متغیر با صفر (عدم معنی‌داری ارتباط متغیرها)، و فرض مقابل نابرابری آن با صفر (معنی‌داری رابطه متغیرها) است.

گام ۳-۲. آزمون نیکویی برازش: در این آزمون، برابری شاخص ضریب تشخیص با صفر در مقابل نابرابری این شاخص با صفر از طریق آزمون فیشر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. سطح معنی‌داری این آزمون نیز ۰٫۰۵ در نظر گرفته شده است. با توجه به محدودیت نسبت تعداد مشاهدات (۲۲ منطقه کلان‌شهر تهران) به متغیرهای مستقل، از روش حذف پس‌رو^{۱۴} برای دستیابی به بهترین مدل تبیین‌کننده تغییرات توزیع فضایی جمعیت کلان‌شهر تهران استفاده شده است (Harrell, 2001, 11-40). در این روش، ابتدا مدل با تمامی متغیرهای مستقل اجرا و سپس در هر گام، متغیری که کمترین همبستگی جزئی^{۱۵} با متغیر وابسته را دارد، حذف می‌شود. این فرآیند تا زمانی که هیچ یک از متغیرهای مستقل باقیمانده معیار حذف را برآورده نکند، ادامه می‌یابد.

۲. سابقه آینده‌نگری‌های جمعیتی طرح‌های توسعه کلان‌شهر تهران

قبل از ارزیابی کیفیت آینده‌نگری طرح‌های شهری، لازم است روش مورد استفاده (شامل مدل و عوامل منظور شده در آینده‌نگری) و داده‌های در دسترس تهیه‌کنندگان طرح شناسایی

جدول ۱- روش‌ها و داده‌های مورد استفاده در آینده‌نگری جمعیت در طرح‌های شهری پیشین تهران و نتایج آنها.

طرح	سناریو/روش آینده‌نگری	داده‌های مورد استفاده	مقاطع آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت	برآورد جمعیت در افق طرح (میلیون نفر)
طرح جامع حمل و نقل ترافیک تهران	مدل گارین-لاوری (تعامل بین رفت و آمد و کاربری زمین)	سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۶۵ و ۱۳۷۵	۱۴۰۰، ۱۳۹۵، ۱۳۹۰، ۱۳۸۵	۸٫۶۵
طرح جامع تهران	رشد طبیعی	سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۶۵ و ۱۳۷۵	۱۴۰۵	۸٫۸
	مکان‌یابی استقرار کار و فعالیت			۸٫۹۳
	گرایش‌های بازار مسکن			۱۱
	ظرفیت جمعیت‌پذیری			۸٫۳۶
	گزینه مطلوب و محتمل			۸٫۶

ماخذ: (شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، ۱۳۸۶ و نهاد مطالعات و تهیه طرح‌های توسعه شهری تهران، ۱۳۸۳)

بخش روش‌شناسی، مورد ارزیابی قرار گرفته است (Murdock & Ellis, 1991; National Research Council, 1980, 51). با توجه به تمرکز پژوهش بر ارزیابی کمی دقت آینده‌نگری‌ها و پرهیز از تطویل متن، از اجرای گام نظرخواهی از افراد مطلع در مورد هر یک از مناطق اجتناب شده است. این گام، خود به تنهایی قابلیت تبدیل به پژوهشی مجزا با روش‌شناسی متفاوت از روش‌شناسی پژوهش حاضر را دارا است. همچنین، گام تحلیل حساسیت از طریق آزمون اثرات روش‌ها و مفروضات مختلف در قالب بند ۵ مقاله به انجام رسیده است. به منظور دستیابی به محکی برای ارزیابی بهبود یا عدم بهبود کیفیت آینده‌نگری‌های کلان‌شهر تهران، آینده‌نگری طرح ساماندهی تهران برای سال ۱۳۷۵ با نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن همان سال مقایسه و خطای آن نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

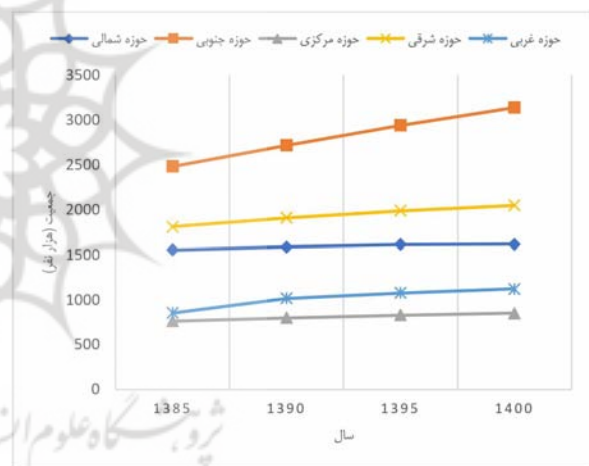
۳-۱. مقایسه آینده‌نگری‌های طرح جامع تهران و طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران با سرشماری ۱۳۹۵

نخستین گام در ارزیابی دقت آینده‌نگری‌های جمعیت‌شناختی در مقیاس‌های محلی، مقایسه آینده‌نگری‌ها با مقادیر واقعی حاصل از سرشماری‌های عمومی است (Murdock & Ellis, 1991). نمودارهای ۲-الف و ۲-ب، به ترتیب نمایانگر میزان انطباق آینده‌نگری طرح جامع حمل‌ونقل و طرح جامع تهران برای جمعیت مناطق تهران در سال ۱۳۹۵ با نتایج حاصل از سرشماری عمومی نفوس و مسکن در همین سال است. نمودارهای ۳-الف و ۳-ب، میزان و جهت خطا در این دو آینده‌نگری در مناطق راهبه ترتیب بزرگی نمایش می‌دهد. نقشه‌های ۱-الف و ۱-ب نیز، این مناطق را براساس درصد خطا به سه دسته فاقد خطای قابل توجه، دارای خطای مثبت و دارای خطای منفی طبقه‌بندی کرده‌اند. این نمودارها، نقشه‌ها و همچنین جداول ۲ و ۳، نشان می‌دهند که کیفیت آینده‌نگری طرح جامع تهران، در هر چهار معیار فوق‌الذکر از طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران بهتر است، اما خود نیز با متوسط قدر مطلق خطای نسبی ۱۰٫۸ درصد، از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست.

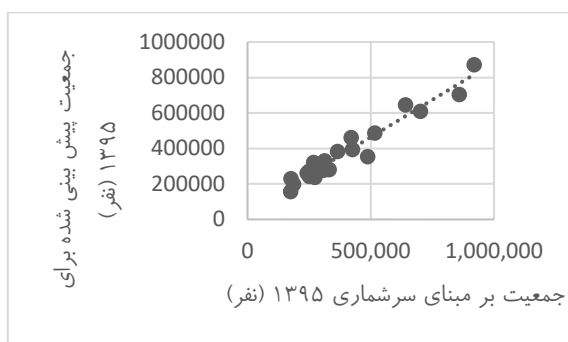
اهمیت ارزیابی پیش از موعد نتایج آینده‌نگری‌های پیشین به منظور اجتناب از اثرات سوء خطاها و اصلاح روش‌ها در طرح‌های آتی، در این پژوهش براساس فرض خطی بودن رشد جمعیت در بازه آینده‌نگری در طرح جامع تهران، آینده‌نگری طرح جامع تهران برای جمعیت مناطق در سال ۱۳۹۵ استخراج و با نتایج سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۹۵ مقایسه شده است.

۳. ارزیابی کیفیت (اعتبار، امکان‌پذیری و دقت) آینده‌نگری جمعیت مناطق تهران در طرح‌های ساماندهی تهران، جامع تهران و جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران

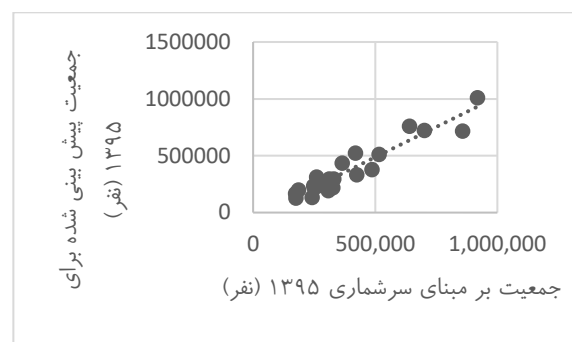
در این بخش، براساس رویه پیشنهادی مرداک و ایس، برای ارزیابی دقت آینده‌نگری‌های جمعیتی در مقیاس محلی، ابتدا کیفیت آینده‌نگری جمعیتی طرح‌های جامع تهران و جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، در مقایسه با نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵ و سپس اختلاف میان آینده‌نگری جمعیتی این دو طرح با استفاده از شاخص‌های مورد اشاره در



نمودار ۱- آینده‌نگری تغییرات جمعیت حوزه‌های جمعیتی در طرح جامع تهران. ماخذ: (نهاد مطالعات و تهیه طرح‌های توسعه شهری تهران، ۱۳۸۶)

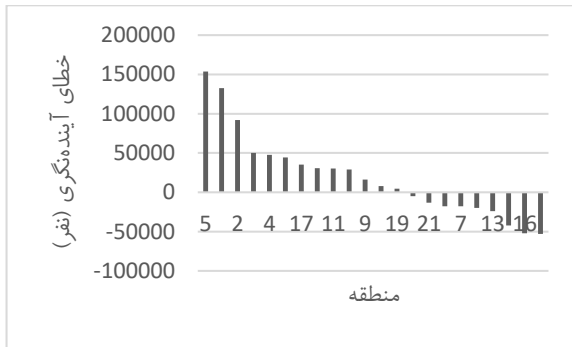


ب) طرح جامع تهران

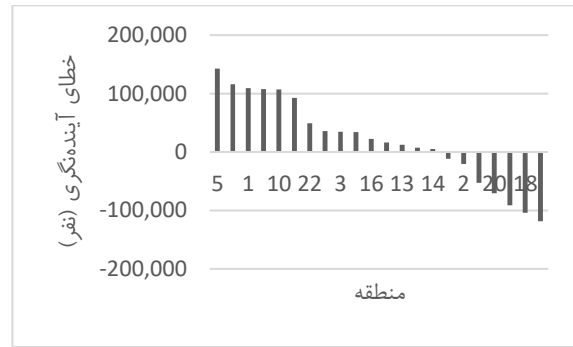


الف) طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران

نمودار ۲- مقایسه آینده‌نگری طرح‌های جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران (الف) و جامع تهران (ب) با مقادیر حاصل از سرشماری ۱۳۹۵. ماخذ: (شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، ۱۳۸۳، نهاد مطالعات و تهیه طرح‌های توسعه شهری تهران، ۱۳۸۶ و مرکز آمار ایران، ۱۳۹۶)

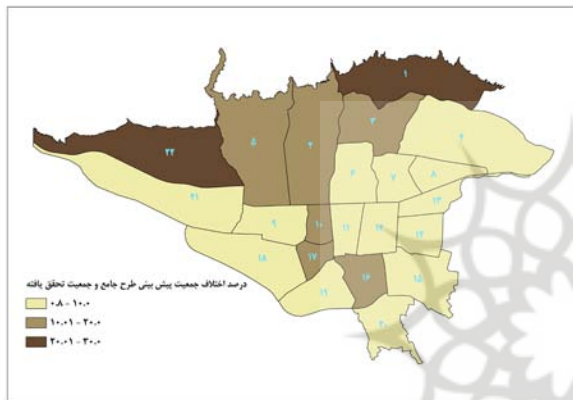


ب) طرح جامع تهران

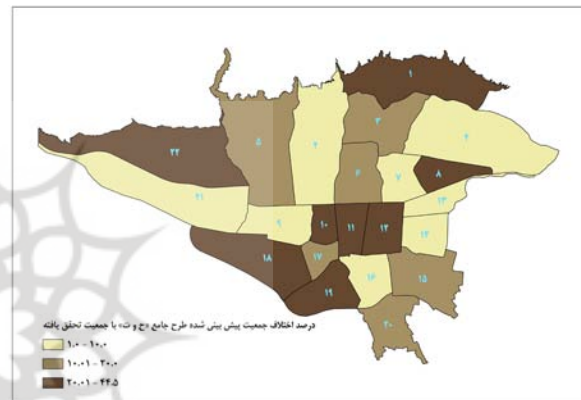


الف) طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران

نمودار ۳- خطای آینده‌نگری طرح‌های جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران (الف) و جامع تهران (ب) برای سال ۱۳۹۵ به تفکیک مناطق به ترتیب بزرگی خطا. ماخذ: (شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، ۱۳۸۳، نهاد مطالعات و تهیه طرح‌های توسعه شهری تهران، ۱۳۸۶ و مرکز آمار ایران، ۱۳۹۶)



ب) طرح جامع تهران



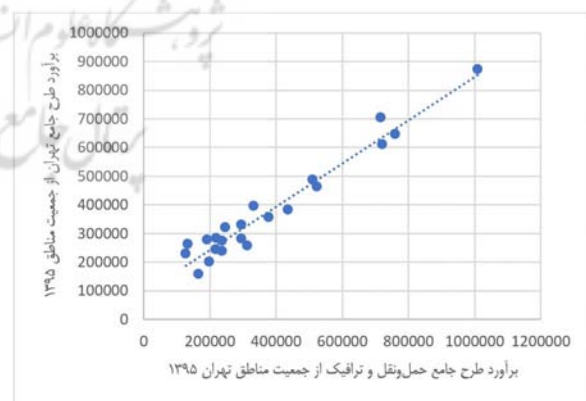
الف) طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران

نقشه ۱- درصد خطای آینده‌نگری جمعیت مناطق در طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران (الف) و طرح جامع تهران (ب) برای سال ۱۳۹۵. ماخذ: (شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، ۱۳۸۳، نهاد مطالعات و تهیه طرح‌های توسعه شهری تهران، ۱۳۸۶ و مرکز آمار ایران، ۱۳۹۶)

یکدیگر است (Murdock & Ellis, 1991). مقایسه آینده‌نگری‌های دو طرح جامع تهران و طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، علاوه بر اختلاف از مقادیر محقق شده (بر مبنای سرشماری)، نمایانگر اختلاف قابل توجه این دو پیش‌بینی است. بر اساس معیار تعداد خطاهای بسیار بزرگ (مقادیر دور افتاده)، اختلاف دو آینده‌نگری در ۱۹ منطقه از ۲۲ منطقه تهران از نوع بسیار زیاد و غیر قابل قبول است (رک. نمودار ۴ و جدول ۳).

۳-۳. سابقه پیش‌بینی جمعیت مناطق تهران (مهندسين مشاور آتک، ۱۳۷۱)

مقایسه آینده‌نگری طرح ساماندهی تهران (دومین طرح جامع تهران) برای سال ۱۳۷۵ با نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در همین سال، نمایانگر خطای به مراتب بیشترین آینده‌نگری به ویژه در مناطق تازه تاسیس ۲۱ و ۲۲ است (نمودار ۵ و جدول ۳). همانگونه که در جدول ۳ آمده است، متوسط قدرمطلق درصد خطای آینده‌نگری این طرح با در نظر گرفتن مناطق فوق‌الذکر ۳۸٫۶ درصد و بدون آنها ۱۸ درصد است. این پیش‌بینی، حتی به طور متوسط نیز مطلوب نبوده و ضریب



نمودار ۴- مقایسه پیش‌بینی‌های طرح جامع تهران و طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران از جمعیت تهران در سال ۱۳۹۵
ماخذ: (شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، ۱۳۸۳ و مرکز آمار ایران، ۱۳۹۶)

۲-۳. مقایسه آینده‌نگری طرح جامع و طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران از توزیع فضایی جمعیت شهر
دومین گام در ارزیابی دقت آینده‌نگری‌ها، مقایسه آینده‌نگری‌ها و برآوردهای مختلف برای جمعیت مناطق با

طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران در ۸ منطقه (۳۶ درصد) با چنین معضلی مواجه هستند. همچنین از منظر سوگیری (توازن میان کم‌شماری و بیش‌شماری)، وضعیت طرح جامع تهران نسبتاً مطلوب (۵۹ در مقابل ۴۱ درصد) و وضعیت طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، نسبتاً نامطلوب (۶۸ در مقابل ۳۲ درصد) است. مقایسه آینده‌نگری‌های طرح جامع تهران و طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، نمایانگر متوسط اختلاف نسبی ۱۵٫۷ درصد است. تعداد مناطق با اختلاف پیش‌بینی شدید نیز ۱۹ منطقه (۸۶ درصد) است. همچنین، مقایسه نتایج آینده‌نگری هر دو طرح جامع تهران و طرح حمل‌ونقل و ترافیک با طرح ساماندهی تهران (۱۳۷۵)، نشان‌دهنده بهبود نسبتاً قابل توجه عملکرد هر دو آینده‌نگری نسبت به این طرح در تمامی شاخص‌ها است.

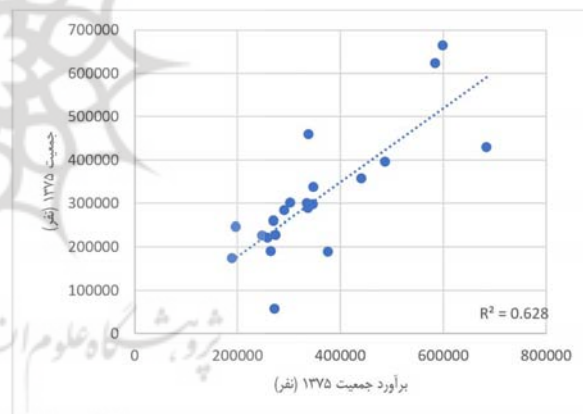
۴- پرسش و فرضیه تحقیق

با توجه به نتایج بند ۴، روشن است که آینده‌نگری جمعیت مناطق در طرح‌های توسعه شهری تهران، از دقت مطلوب برخوردار نبوده است. در اینجا پرسش اساسی این است که: چه عواملی بر خطای آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت کلان‌شهر تهران اثرگذارند؟ پاسخ‌های بالقوه این پرسش، به دو دسته کلی پیچیدگی‌های عام و ذاتی آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت، و عوامل خاص موثر بر تغییرات توزیع فضایی جمعیت در کلان‌شهر تهران، قابل طبقه‌بندی است. همان‌طور که در بخش ۲ (پیشینه و روش تحقیق) آمد، ادبیات آینده‌نگری جمعیت در مقیاس خرد، پیچیدگی‌های عام آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت را شامل خطای ورودی‌ها (داده‌های تاریخی)، شدت، جهت و نوسان تغییرات جمعیتی و اثرات متقابل برنامه‌ریزی‌های بخشی بر تحقق‌پذیری آینده‌نگری‌ها بر می‌شمرد. از سوی دیگر، متغیرهای متعددی وجود دارد که به‌طور بالقوه می‌توانند بر توزیع فضایی جمعیت تهران اثرگذار باشند، اما در مدل‌های آینده‌نگری پیشین لحاظ نشده‌اند. بنابراین، فرضیه پژوهش به شرح ذیل تعریف می‌گردد:

تشخیص آن از آستانه قابل قبول ۰٫۷ کمتر است. نگاهی به جهت خطای پیش‌بینی جمعیت مناطق نشان می‌دهد، جمعیت ۱۸ منطقه، بیش از جمعیت واقعی برآورد شده است که نمایانگر وجود سوگیری در نتایج است.

۳-۴. نتایج ارزیابی کیفیت آینده‌نگری جمعیت مناطق در طرح‌های توسعه تهران

خلاصه شاخص‌های ارزیابی آینده‌نگری‌ها در جدول ۲ آمده است. با توجه به ضریب تشخیص و معنی‌داری آماری آن، هر دو آینده‌نگری طرح جامع تهران و طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران از منظر معیار متوسط خطا در وضعیت نسبتاً مطلوبی قرار دارند. این امر به دلیل توزیع نسبتاً متوازن (بدون سوگیری) خطاهای کم‌شماری و بیش‌شماری به‌ویژه در آینده‌نگری طرح جامع تهران است. مقایسه دو آینده‌نگری نیز نمایانگر وضعیت مطلوب‌تر پیش‌بینی طرح جامع تهران نسبت به طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران است. از منظر خطای نسبی، هیچ یک از دو آینده‌نگری وضعیت مطلوبی ندارند (متوسط خطای هر دو طرح بیش از ۱۰ درصد است). اما در این شاخص نیز وضعیت طرح جامع تهران بهتر است. از منظر تعداد داده‌های دورافتاده (خطاهای شدید) طرح جامع تهران در ۴ منطقه (۱۸ درصد) و



نمودار ۵- مقایسه برآورد جمعیت ۱۳۷۵ در طرح ساماندهی تهران با مقادیر حاصل از سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۷۵. ماخذ: (مهندسین مشاور آتک، ۱۳۷۱ و مرکز آمار ایران، ۱۳۷۶)

جدول ۲- شاخص‌های ارزیابی خطای پیش‌بینی طرح جامع تهران حمل‌ونقل و ترافیک تهران.

درصد مناطق با خطای مثبت	درصد مناطق با خطای منفی	تعداد مناطق با خطای شدید	ریشه دوم میانگین مربعات خطا	میانگین قدرمطلق درصد خطا	P مقدار (معنی‌داری)	ضریب تشخیص	توضیح
۳۲	۶۸	۸	۷۵۶۱۸	٪۱۶٫۶	۰٫۰۰۰	۰٫۹۰۳۵	پیش‌بینی طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران در مقابل نتایج سرشماری ۱۳۹۵
۴۱	۵۹	۴	۵۶۳۳۲	٪۱۰٫۸	۰٫۰۰۰	۰٫۹۴۶۷	پیش‌بینی طرح جامع تهران در مقابل نتایج سرشماری ۱۳۹۵
۵۰	۵۰	۱۹	۶۹۶۵۵	٪۱۵٫۷	۰٫۰۰۰	۰٫۹۴۹۷	پیش‌بینی طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران و طرح جامع تهران
۱۸	۸۲	۹	۹۸۰۴۶	٪۳۸٫۶	۰٫۰۰۰	۰٫۶۲۸	پیش‌بینی طرح ساماندهی تهران ۱۳۷۵

سیاست‌های کاربری، ویژگی‌های حمل‌ونقل، ویژگی‌های جمعیتی، فرآیندهای جمعیت‌شناختی و جمعیت‌های خاص، طبقه‌بندی می‌کنند (Murdock, Hamm, Voss, Fannin, & Pecotte, 1991). 432-443. براین اساس و با توجه به محدودیت داده‌های موجود در سطح مناطق، تعداد ۱۲ متغیر مستقل شامل تغییرات جمعیت در بازه پیشین، مساحت قابل توسعه منطقه، متوسط و تغییرات قیمت املاک و مستغلات در منطقه، پوشش حمل‌ونقل عمومی انبوه‌بر منطقه (مترو)، تراکم جمعیت پهنه مسکونی منطقه، مساحت بافت فرسوده منطقه، فاصله منطقه از مرکز اشتغال و فعالیت (مرکز تجاری) - اداری تهران، برداشت عمومی ساکنان از کیفیت خدمات شهری، زندگی خانوادگی، محیط زیست و امکانات تفریح و سرگرمی در منطقه به عنوان متغیرهای مستقل و تغییرات جمعیت مناطق کلان شهر تهران در بازه ۸۵-۹۵ به عنوان متغیر وابسته مدل در نظر گرفته شده‌اند. لازم به ذکر است مقادیر متغیرهای برداشت عمومی از کیفیت خدمات شهری، زندگی خانوادگی، محیط زیست و امکانات تفریح و سرگرمی در منطقه از مطالعه کیفیت زندگی در شهر تهران استخراج شده‌اند (مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۵). همان‌طور که در بند ۲ اشاره شد، از روش حذف پس‌رو برای دستیابی به بهترین مدل تبیین‌کننده تغییرات توزیع فضایی جمعیت تهران استفاده شده است. نتایج اجرای مدل بهینه، ضرایب متغیرهای مستقل و آماره آزمون معنی‌داری هر یک و همچنین شاخص نیکویی برازش کلی مدل و معنی‌داری آن در بند ۵-۲ و جدول ۵ فهرست شده‌اند.

۵- نتایج

در ادامه نتایج آزمون‌های آماری فرضیات تحقیق به تفکیک آمده است.

۱-۵. نتایج آزمون‌های مربوط به پیچیدگی‌های عام و ذاتی آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت

جدول ۴ نشان می‌دهد که از میان آزمون‌های مرتبط با پیچیدگی‌های عام آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت، فرض تاثیر نادرستی (خطای) ورودی‌ها بر خطای آینده‌نگری و فرضیه‌های مربوط به تاثیر شدت، جهت و نوسانات تغییر جمعیت مناطق بر خطای آینده‌نگری آنها نیز رد می‌شوند. اما وضعیت در خصوص آزمون رابطه خطا و طول بازه آینده‌نگری و آزمون اثرات متقابل سیاست‌های ناشی از آینده‌نگری‌های بخشی بر دقت سایر آینده‌نگری‌ها، متفاوت است. این اثر، هم در مورد اثرات احتمالی اقدامات طرح جامع تهران بر خطای پیش‌بینی طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، و هم اثرات احتمالی اقدامات ناشی از آینده‌نگری طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران بر خطای آینده‌نگری طرح جامع تهران به لحاظ آماری معنی‌دار هستند.

۲-۵. نتایج آزمون عوامل خاص بالقوه موثر بر تغییرات جمعیت کلان شهر تهران

جدول ۵ نشان می‌دهد که از میان ۱۲ متغیر مستقل مدل به غیر

فرضیه پژوهش: خطای آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت کلان شهر تهران، تابعی از پیچیدگی‌های عام آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت (شامل خطای ورودی‌ها، شدت و جهت تغییرات و شدت نوسانات جمعیتی مناطق، طول بازه پیش‌بینی و اثرات متقابل سیاست‌های ناشی از آینده‌نگری‌های بخشی) و عدم کفایت مدل (لحاظ عوامل خاص بالقوه اثرگذار بر تغییرات توزیع فضایی جمعیت کلان شهر تهران در مدل‌های آینده‌نگری) بوده است.

۱-۴. پیچیدگی‌های عام و ذاتی آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت

بنابر ادبیات موضوع، مهم‌ترین پیچیدگی‌های عام آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت در مقیاس‌های خرد که به‌طور بالقوه می‌توانند بر نادرستی این آینده‌نگری‌ها موثر باشند، عبارتند از: نادرستی ورودی‌ها (داده‌های تاریخی)، شدت و جهت تغییرات جمعیتی، نوسانات جمعیتی، طول بازه پیش‌بینی و اثرات متقابل سیاست‌های ناشی از هر یک از آینده‌نگری‌های بخشی بر دقت سایر آینده‌نگری‌ها (Smith et al., 2013, 306). در ادامه، به منظور ارزیابی تاثیر هر یک از این عوامل، مجموعه‌ای از آزمون‌های آماری تعریف و اجرا شده است. آزمون‌ها، متغیرهای مورد استفاده و نتایج آزمون‌ها در بند ۱-۵ و جدول ۴ آمده‌اند. در این جدول، سطور مربوط به فرضیه‌های معنی‌دار (عوامل موثر)، به رنگ خاکستری متمایز شده است. لازم به ذکر است پیش از آزمون فرض‌های ذیل، انطباق داده‌های تمامی متغیرها با توزیع نرمال آزمون شده است، اما به منظور پرهیز از تطویل متن و انطباق با اصول نگارشی مد نظر نشریه، از ذکر نتایج آنها اجتناب شده است. صرفاً اشاره می‌شود که بر اساس نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، فرض انطباق داده‌ها با توزیع نرمال در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ برای هیچ یک از متغیرهای مورد استفاده رد نشد. همچنین اشاره می‌شود که فرض صفر در تمامی آزمون‌های همبستگی برابری ضریب همبستگی با صفر (عدم وجود رابطه معنی‌دار بین دو متغیر) و فرض صفر در تمامی آزمون‌های اختلاف میانگین برابری این اختلاف با صفر (عدم وجود اختلاف معنی‌دار میان دو نمونه) است. فرض مقابل آزمون همبستگی، عدم برابری آماره با صفر و فرض مقابل آزمون‌های اختلاف میانگین در مواردی نابرابری اختلاف با صفر (دوطرفه) و در مواردی بزرگتر (یا کوچکتر) بودن اختلاف از صفر است. سطح معنی‌داری برای کلیه آزمون‌ها، ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

۲-۴. عوامل خاص بالقوه موثر بر تغییرات توزیع فضایی جمعیت تهران که در مدل‌های آینده‌نگری لحاظ نشده‌اند

در ادامه، برخی متغیرهای بالقوه موثر بر تغییرات توزیع فضایی جمعیت کلان شهر تهران که در مدل‌های آینده‌نگری پیشین مدنظر قرار نگرفته‌اند، در قالب یک مدل رگرسیون خطی چندگانه، مورد آزمون قرار گرفته‌اند. متغیرهای مستقل این مدل (عوامل بالقوه موثر بر تغییرات جمعیت)، برگرفته از پژوهش مرداک و همکاران در زمینه عوامل بالقوه موثر بر تغییرات جمعیتی در سطوح محلی هستند. این پژوهشگران، عوامل موثر بر تغییرات توزیع فضایی جمعیت را در هفت دسته ویژگی‌های فیزیکی، ویژگی‌های مکانی، الگوها و

اشتغال در مدل نهایی جایگزین آن خواهد شد و تفاوت چندانی در شاخص نیکویی برازش مدل پدیدار نمی‌گردد (مدل ۲). اما در صورت حذف دیگر متغیر معنی‌دار (تغییرات جمعیتی مناطق در بازه پیشین) هیچ یک از متغیرهای دیگر مدل، قدرت تبیین تغییرات جمعیتی را نخواهد داشت و معنی‌دار نخواهد بود.

از روند پیشین تغییرات جمعیت مناطق، تنها متغیر مساحت بافت فرسوده منطقه معنی‌دار است و سایر متغیرها، با رویکرد حذف پس‌رواژ مدل حذف می‌شوند (مدل ۱). با توجه به همبستگی قابل توجه میان فاصله از مراکز اشتغال و مساحت بافت فرسوده، در صورت حذف متغیر مساحت بافت فرسوده، متغیر فاصله از مراکز

نتیجه

جدول ۴- نتایج آزمون‌های عوامل عام موثر بر خطای آینده‌نگری.

شرح آزمون	مستفاهای مورد بررسی	نوع آزمون	مقدار آماره آزمون	مقدار P آزمون	نتیجه آزمون
خطای آینده‌نگری ناشی از نادرسر/عدم دقت داده‌های تاریخی (ورودی‌ها) است.	برای آزمون این فرضیه، به ارزیابی همبستگی اختلاف جمعیت سرمایه‌گذاری ۱۳۸۵ (به عنوان مبنای پیش‌بینی طرح جامع تهران) و بازگرد طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک در جمعیت مناطق در سال ۱۳۸۵ و اختلاف پیش‌بینی‌های دو طرح برای سال ۱۳۹۵ پرداخته شده است.	آزمون برای همبستگی پیرسون	۰٫۱۲۲	۰٫۳۹۱	رابطه معنی‌داری میان تفاوت در ورودی‌ها و اختلاف نتایج پیش‌بینی وجود ندارد.
خطای آینده‌نگری طرح جامع تهران در مناطق دارای رشد/کاهش شدید جمعیت بیشتر است.	برای آزمون این فرضیه، همبستگی میان قدرمطلق نرخ رشد سالانه جمعیت در بازه ۹۵-۸۵ و خطای پیش‌بینی طرح جامع تهران مورد آزمون قرار گرفته است. مقادیر در این آزمون‌ها، بیشتر بودن میانگین خطا در مناطق دارای رشد/کاهش شدید نسبت به سایر مناطق است.	آزمون برای همبستگی پیرسون	۰٫۶۸۳	۰٫۶۸	رابطه معنی‌داری میان شدت تغییرات جمعیت و خطای پیش‌بینی وجود ندارد.
خطای آینده‌نگری طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران در مناطق دارای رشد/کاهش شدید جمعیت بیشتر است.	برای آزمون این فرضیه، همبستگی میان قدرمطلق نرخ رشد سالانه جمعیت در بازه ۹۵-۸۵ و خطای پیش‌بینی طرح جامع تهران مورد آزمون قرار گرفته است.	آزمون برای همبستگی پیرسون	۰٫۱۴۵	۰٫۵۲۱	رابطه معنی‌داری میان شدت تغییرات جمعیت و خطای پیش‌بینی وجود ندارد.
خطای آینده‌نگری طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران در مناطق دارای کاهش جمعیت بیشتر است.	برای آزمون این فرضیه، تفاوت میانگین خطای آینده‌نگری در مناطق دارای کاهش جمعیت با مناطق دارای افزایش جمعیت مورد آزمون قرار گرفته است.	آزمون آدو نمونه‌ای مستقل با فرض برابری واریانس‌ها	۱٫۵۱۹	۰٫۱۴۴	رابطه معنی‌داری میان جهت رشد و میزان خطای پیش‌بینی وجود ندارد اما میانگین خطاهای منفی، بیش از میانگین خطاهای مثبتی است. برای آزمون برابری واریانس‌ها، از آزمون لوین استفاده شده است. نتیجه این و نتیجه آن عدم رد فرض برابری واریانس‌ها (۰٫۲۱۰ مقدار P) است.
خطای آینده‌نگری طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران در مناطق دارای کاهش جمعیت بیشتر است.	برای آزمون این فرضیه، تفاوت میانگین خطای آینده‌نگری در مناطق دارای کاهش جمعیت با مناطق دارای افزایش جمعیت مورد آزمون قرار گرفته است.	آزمون آدو نمونه‌ای مستقل با فرض برابری واریانس‌ها	۰٫۲۶۲	۰٫۶۲۱	رابطه معنی‌داری میان جهت رشد و میزان خطای پیش‌بینی وجود ندارد اما میانگین خطاهای منفی، بیش از خطاهای مثبتی است. برای آزمون برابری واریانس‌ها، از آزمون لوین استفاده شده است. نتیجه این و نتیجه آن عدم رد فرض برابری واریانس‌ها (۰٫۲۸۸ مقدار P) است.
خطای آینده‌نگری با افزایش بازه آینده‌نگری افزایش می‌یابد.	با توجه به اینکه طرح جامع تهران جمعیت مناطق را تنها برای افق طرح (۱۴۰۵) پیش‌بینی کرده است، برای آزمون این فرضیه، تنها به مقایسه میانگین خطای پیش‌بینی طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران برای سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۵+۱۳۸۵ پرداخته شده است.	آزمون آدو نمونه‌ای مستقل با فرض عدم برابری واریانس‌ها	۰٫۳۹۶	۰٫۳۹۶	فرض صفر عدم رابطه میزان خطا با بازه پیش‌بینی رد می‌شود. خطا در بازه زمانی ۱۰ ساله، به‌طور معنی‌داری از خطای پیش‌بینی در بازه ۵ ساله بیشتر است. برای آزمون برابری واریانس‌ها، از آزمون لوین استفاده شده است. نتیجه این آزمون رد فرض برابری واریانس‌ها (۰٫۲۳۳ مقدار P) است.
متوسط خطای آینده‌نگری طرح جامع تهران در مناطق فاقد روند تاریخی یکپوخت از مناطق یکپوخت از مناطق دارای روند یکپوخت بیشتر است.	برای آزمون این فرضیه، میانگین خطای پیش‌بینی طرح جامع تهران در مناطق یکپوخت جمعیت با میانگین مقایسه شده است. فرض مقابل بیشتر بودن این میانگین از میانگین خطای مناطق دارای روندهای یکپوخت جمعیتی است.	آزمون برای همبستگی پیرسون	۲٫۰۱۳	۰٫۰۵۸	فرض صفر رد می‌شود.
متوسط خطای آینده‌نگری طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران در مناطق فاقد روند تاریخی یکپوخت از مناطق دارای روند یکپوخت بیشتر است.	برای آزمون این فرضیه، میانگین خطای پیش‌بینی طرح جامع تهران در مناطق دارای رشد/کاهش یکپوخت جمعیت با میانگین مقایسه شده است.	آزمون برای همبستگی پیرسون	۰٫۹۲۳	۰٫۹۲۳	فرض صفر رد می‌شود.
آینده‌نگری‌های بخشی متعدد، منجر به افزایش متقابل خطای آینده‌نگری طرح جامع تهران می‌شوند.	برای آزمون این فرضیه، با این فرض که محالات طرح‌های جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، در مناطقی که پیش‌بینی تغییرات شدید جمعیتی آن را داشته‌اند، شدیدتر بوده است، به آزمون فرض معنی‌داری همبستگی قدرمطلق تغییرات جمعیتی پیش‌بینی شده برای مناطق در طرح جامع تهران با خطای پیش‌بینی در طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران پرداخته شده است. این امر با استناد به متن طرح‌های فوق، بر این فرض مبتنی است که آینده‌نگری‌های جمعیتی پایه و اساس برنامه‌ریزی بوده است. لذا هرچه تغییرات جمعیتی منطقه‌ای بیشتر آینده‌نگری یا تعیین شود، سهم منطقه از اقدامات و برنامه‌ها بیشتر خواهد بود.	آزمون برای همبستگی پیرسون	۰٫۴۳۸	۰٫۴۳۲	رابطه میان تغییرات پیش‌بینی شده در طرح جامع تهران و خطای ترافیک تهران و خطای پیش‌بینی طرح جامع تهران معنی‌دار است.
آینده‌نگری‌های بخشی متعدد، منجر به افزایش متقابل خطای آینده‌نگری طرح جامع تهران می‌شوند.	برای آزمون این فرضیه، با این فرض که محالات طرح‌های جامع تهران و ترافیک تهران در مناطقی که پیش‌بینی تغییرات شدید جمعیتی آن را داشته‌اند، شدیدتر بوده است، به آزمون فرض معنی‌داری همبستگی قدرمطلق تغییرات جمعیتی پیش‌بینی شده برای مناطق در طرح جامع تهران با خطای پیش‌بینی در طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران پرداخته شده است.	آزمون برای همبستگی پیرسون	۰٫۵۱۶	۰٫۱۴	رابطه میان تغییرات پیش‌بینی شده در طرح جامع تهران و خطای پیش‌بینی طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران معنی‌دار است.

جدول ۵- نتایج آزمون عوامل خاص بالقوه موثر بر تغییرات توزیع فضایی جمعیت در کلان‌شهر تهران.

متغیر	ضریب متغیر در مدل	خطای استاندارد ضریب	آماره آزمون	P-مقدار آزمون	نیکی‌ی برآزش مدل
مدل ۱ (با لحاظ تمامی متغیرها)	عرض از مبدا	۸۰۰۷,۳۹	۴,۶۱۵	۰,۰۰۰	۰,۷۹۹ (P-مقدار: ۰,۰۰۰)
	تغییرات جمعیت در بازه پیشین	۰,۰۷۴	۷,۳۱۸	۰,۰۰۰	
	مساحت بافت فرسوده منطقه	۳۲,۷۰	-۳,۲۶۵	۰,۰۰۴	
مدل ۲ (با حذف متغیر مساحت بافت فرسوده)	عرض از مبدا	۸۸۰۷,۷۷	۰,۱۷۵	۰,۸۶۳	۰,۷۷۸ (P-مقدار: ۰,۰۰۰)
	تغییرات جمعیت در بازه پیشین	۰,۰۷۷	۷,۳۴۷	۰,۰۰۰	
	فاصله از مراکز اشتغال	۱۰۹۳,۸۲	۲,۷۹۷	۰,۰۱۲	

تاریخی بر خطای آینده‌نگری رد می‌شود. اما نقش طول بازه آینده‌نگری و همچنین اثرات متقابل آینده‌نگری‌های بخشی بر خطای یکدیگر به لحاظ آماری قابل رد نیست. در بررسی عوامل خاص بالقوه موثر بر تغییرات توزیع فضایی جمعیت نیز، علاوه بر روندهای پیشین تغییرات جمعیت، تنها اثرات متغیرهای مساحت بافت فرسوده و فاصله از مراکز اشتغال قابل رد نیست و اثرات سایر متغیرها از جمله مساحت منطقه، تراکم جمعیت، پوشش سامانه حمل‌ونقل عمومی، قیمت املاک و مستغلات و برداشت عمومی از کیفیت خدمات شهری، محیط زیست، امکانات تفریحی و سرگرمی و کیفیت زندگی خانوادگی رد می‌شود. براساس یافته‌های این پژوهش، پیشنهاد می‌شود با کاهش طول بازه آینده‌نگری (یا بازنگری و اصلاح مداوم نتایج آینده‌نگری با استفاده از داده‌های ثبتی مبنا، سرشماری و غیره) و اجتناب از برنامه‌ریزی‌های بخشی از یک سو، و ملاحظه عدم تمایل جمعیت به سکونت در مراکز اشتغال و بافت‌های فرسوده در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها از سوی دیگر، کیفیت آینده‌نگری‌های توزیع فضایی جمعیت و در نتیجه تحقق‌پذیری برنامه‌ریزی‌های مبتنی بر آنها افزایش یابد. مقیاس این پژوهش، مناطق بیست و دوگانه ملاک عمل شهرداری بوده و ممکن است متغیرهایی که در این پژوهش معنی‌داری آنها اثبات نشده است، در مقیاس‌های ناحیه و محله، معنی‌دار باشند. مطالعه اثرات این متغیرها در مقیاس‌های خرد و همچنین در بازه‌های طولانی‌تر، از جمله مسیرهای پژوهشی بالقوه آتی هستند که می‌توانند با تبیین هرچه دقیق‌تر عوامل موثر بر تغییرات توزیع فضایی جمعیت و در نتیجه بهبود کیفیت آینده‌نگری، به برنامه‌ریزان و تصمیم‌سازان کمک کنند.

در این پژوهش، ابتدا بر مبنای روش‌شناسی و شاخص‌های پیشنهادی ادبیات آینده‌نگری جمعیت در مقیاس خرد، عملکرد آینده‌نگری‌های دو طرح جامع تهران و جامع حمل و نقل و ترافیک تهران در مقایسه با نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵ و همچنین در مقایسه با یکدیگر مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس عوامل بالقوه موثر بر نادرستی (خطای) آینده‌نگری‌ها و همچنین عوامل بالقوه موثر بر تغییرات جمعیتی مناطق در بازه زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۵ مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که عملکرد هر دو آینده‌نگری مورد بررسی با وجود مطلوبیت نسبی در شاخص متوسط خطا، از منظر متوسط قدرمطلق خطای نسبی و تعداد خطاهای شدید نامطلوب بوده‌اند. به عبارت دیگر، می‌توان گفت در آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت به عنوان یکی از اصلی‌ترین متغیرهای ساختاری شهر تهران در دو دهه برنامه‌ریزی اخیر، ناکامی کاملاً مشهود است. برای مثال، آینده‌نگری طرح جامع تهران از جمعیت مناطق ۵ و ۱ در سال ۱۳۹۵، به ترتیب ۱۵۰ و ۱۳۰ هزار نفر کمتر از نتایج سرشماری و برای منطقه ۱۶ نزدیک به ۶۰ هزار نفر بیش از آن بوده است که به طور بالقوه، منجر به انحرافات جدی در برنامه‌ریزی و در نتیجه تحمیل هزینه‌های قابل توجه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بر شهر و مجموعه مدیریت شهری شده است. از منظر سوگیری نیز عملکرد طرح جامع تهران نسبتاً مطلوب و عملکرد طرح جامع حمل‌ونقل تهران و طرح ساماندهی تهران نامطلوب بوده است.

در بررسی پیچیدگی‌های عام موثر بر خطای آینده‌نگری توزیع فضایی جمعیت، نقش متغیرهای کیفیت ورودی‌های مدل، شدت و جهت تغییرات جمعیت و یکنواختی/نوسان روندهای

پی‌نوشت‌ها

3 Face Validity.

4 Plausibility.

1 Van Thunen.

2 Lowry.

ESRI.

Hansen, W (1959), *Accessibility and residential growth*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.

Harrell, F. E (2001), *Regression modeling strategies, with applications to linear models, survival analysis and logistic regression*, Springer, New York.

Murdock, S & Ellis, D (1991), *Applied demography: An introduction of basic, concepts, methods, and data*, Westviews Press, Boulder.

Murdock, S; Hamm, R; Voss, P; Fannin, D & Pecotte, B (1991), Evaluating small area population projections, *Journal of the American Planning Association*, 57, 432-443.

National Research Council (1980), *Estimating Population and Income of Small Areas*, The National Academies Press, Washington D.C..

Smith, S; Tayman, J & Swanson, D (2013), *A Practitioner's Guide to State and Local Population Projections*, Springer Verlag, Dordrecht.

Swanson, D; Tayman, J & Barr, C (2000), On the Measurement of Accuracy for Subnational Demographic Estimates, *Demography*, 37(2), pp.193-201.

Tayman, J & Swanson, D (1995), Alternative measures for evaluating population forecasts: a comparison of state, county and sub-county geographic areas, *Annual Meeting of the Population Association of America*, (pp. 1-44), San Francisco.

Witte, R & Witte, J (2010), *Statistics* (9 ed.), John Wiley and Sons, New Jersey.

5 Accuracy.

6 Coefficient of Determination.

7 Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

8 Root Mean Square Error (RMSE).

9 Outlier.

10 Bias.

11 Backward Elimination.

12 Partial Correlation.

13 Land-Use Transportation Interaction (LUTI).

فهرست منابع

- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران (۱۳۸۳)، طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، تهران.
- مهندسین مشاور آتک (۱۳۷۱)، طرح ساماندهی تهران، تهران.
- مرکز آمار ایران (۱۳۷۶)، نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۷۵ به تفکیک بخش، مرکز آمار ایران، تهران.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۶)، نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵ به تفکیک بخش، مرکز آمار ایران، تهران.
- مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران (۱۳۹۵)، کیفیت زندگی در شهر تهران، تهران.
- نهاد مطالعات و تهیه طرح های توسعه شهری تهران (۱۳۸۶)، طرح جامع تهران، تهران.
- ESRI (2007), *Evaluating Population Projections*—, Redlands,



Explanation of Structural Complexities in Tehran's Population Projections*

Bahram Aminzadeh-Goharrizi¹, Mohammad Mehdi Azizi², Saeed Rastegar³

¹Associate Professor, Faculty of Architecture and Urban Development, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

²Professor, School of Urban Planning, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.

³PhD Candidate, Department of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran.

(Received 25 Sep 2018, Accepted 10 Jan 2019)

Projecting the spatial distribution of population and employment is the basis of urban planning, particularly in metropolitan areas. Errors in these projections may lead to significant economic, social, political and environmental costs for local authorities, residents and businesses as well as other stakeholders. In this paper, we first evaluate the accuracy of population projections of Tehran's master plan (2007), Tehran's transportation and traffic master plan (2004) and Tehran's transcendence plan also known as Tehran's second master plan (1992) against the results of 1996, 2006 and 2016 national population and housing censuses. Measures used include coefficient of determination (R squared) for evaluating goodness of fit, Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Root Mean Squared Error (RMSE) for measuring average relative errors, number of outliers (extreme errors) and bias (prevalence of over- or underestimates). Then, potential factors leading to projection errors as well as variables potentially affecting spatial distribution of population in urban regions which have been neglected in previous projection models are investigated. For this purpose, a number of inferential statistical analysis tools including means comparison, linear regression coefficient and goodness-of-fit hypothesis tests have been applied. The results of the aforementioned analyses are as follows: 1) performance of all projections as measured by relative error, number of extreme errors (outliers) and bias in projections are not satisfactory, 2) amongst potential factors affecting the accuracy of these projections, length of projection period and mutual effects of sectional projections on the performance of each other are found to be significant, while other factors including the effects of inaccurate inputs and magnitude and direction of changes in population are insignificant,

3) amongst the potential factors affecting increases / decreases in population, area of the region's urban decay is found to have significant negative effects on the tendency of people moving to the region (i.e. leading to lower population growth rates and in some cases decreases in the region's population). Additionally, distance from the Central Business District (CBD) is found to have significant positive effects on population growth. Other potential factors including area of the region, population density, transit accessibility, perceived conditions of environment, urban services and entertainment facilities, average property prices and changes in property prices are not significant. Accordingly, it seems that most factors regarded to affect spatial distribution of population are not addressed in previous projections and simple Land Use Transportation Interaction (LUTI) models are not capable of accurately projecting the spatial distribution of the population. In order to improve the performance of the population projections, implementing register-based up-to-date urban databases including economic, social and demographic data of the residents and businesses as well as shortening the projection and consequently planning horizons are suggested. Furthermore, it is recommended that population's tendency to avoid settling in urban decay areas as well as area adjacent to activity centers be regarded in future population projections as well as urban planning practices. Finally, it is highly recommended that instead of sectional projections, local authorities collaborate in projecting future population and employment and unanimously adopt the results.

Keywords: Small-Scale Population Projection, Spatial Distribution of Population, Projection Evaluation, Projection Error, Statistical Analysis, Hypothesis Testing.

* This research is done as part of the first author's research agenda during his sabbatical as a visiting researcher in the University of Tehran's College of Fine Arts during 2017-2018 in collaboration with the second and third authors.

**Corresponding Author: Tel: (+98-21) 66414841, Fax: (+98-21) 66461504, E-mail: mmazizi@ut.ac.ir.