مطالعه تاثیر محیط کالبدی بر گرایش افراد به پیاده رفتن به محل کار با رویکرد عامل بنیان

مسعود زمانی‌پور*[۱]، محمد رحیم رهنما[۲]، محمد اجزا شکوهی[۳]

۱- دانشجوی دکترا، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. ma.zamanipoor@mail.um.ac.ir

۲- استاد، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. rahnama@um.ac.ir

۳- دانشیار، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. shokouhim@um.ac.ir

چکیده

با افزایش آگاهی‌ها نسبت به هزینه‌های زیست محیطی و سلامت ناشی از شهرنشینی لجام گسیخته و خودرو محور در بیش از دو دهه گذشته، برنامه‌ریزان شهری را بر آن داشت تا در جستجوی استراتژی‌های انسان محور به عنوان استراتژی جایگزین برای توسعه شهرها باشند. محلات قابل پیاده‌روی یکی از آن استراتژی‌های جایگزین هستند که به همراه رویکردهای نظری جدید توسعه مانند رشد هوشمند، شهر فشرده و غیره پدیدار شدند. در این راستا تحقیق حاضر، نقش محیط کالبدی محله بر رفتار پیاده‌روی افراد برای رفتن به محل کار را با استفاده از مدلسازی عامل بنیان بررسی کرده است. یکی از محلات مرکزی شهر آمل به عنوان مورد مطالعه انتخاب گردید. ایمنی، زیبایی محیطی و تراکم اشتغال به عنوان متغیرهای محیط کالبدی مدنظر گرفته شده است. داده‌های مورد نیاز از طریق اطلاعات کتابخانه‌ای، مشاهدات محقق و گروه‌های تمرکز بدست آمد و برای ساخت مدل از نرم افزار انی لاجیک استفاده گردید. نتایج حاکی از آن است که تعامل انسان با انسان هیچ تاثیری بر گرایش افراد به پیاده روی ندارد و تعامل انسان با محیط بیشترین تاثیر را برگرایش افراد به پیاده روی و میزان سفرهای پیاده دارد. نتایج نشان داد در محلات مرکزی شهر افزایش تراکم اشتغال هیچ تاثیری در رفتار پیاده روی ندارد این در حالیست که کاهش تراکم اشتغال می‌تواند رابطه مستقیمی با رفتار پیاده‌روی افراد برای رفتن به محل کارشان داشته باشد. این تحقیق نشان داد ارتقا سطح ایمنی و زیبایی مسیرهای محله می‌تواند به‌طور قابل توجهی بیش‌از تغییرات تراکم اشتغال بر گرایش به پیاده‌روی تاثیر گذار باشد.

کلید واژه‌ها: شهر پیاده‌محور، مدلسازی عامل بنیان، انی لاجیک، محیط کالبدی، آمل.

نسخه پیش انتشار

۱. مقدمه

در حالیکه نواحی شهری کمتر از ۰/۸ درصد از سطح زمین را در بر می‌گیرند (بانک جهانی[1]، ۲۰۱۰) آن‌ها تقریباً ۷۸ درصد کربن را در هوا منتشر می‌کنند که بر بیش از ۵۰ درصد از جمعیت جهان که در آنها زندگی می‌کنند تأثیر منفی می گذارد (لیانگ و گنگ[2]، ۲۰۲۰). طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی (۲۰۱٦) حدود ۹۰ درصد از مردم، هوایی را تنفس می‌کنند که با دستورالعمل‌های کیفیت هوای آن سازمان مطابقت ندارد (دبلیو اچ او[3]، ۲۰۱٦). بر اساس مطالعه "بار جهانی بیماری"[4] آلودگی هوا ناشی از ذرات ریز باعث ٦,٤ میلیون مرگ زودرس در سال ۲۰۱۹ شده است (بانک جهانی، ۲۰۲۱). عوامل زیادی می توانند بر کیفیت هوای شهرها تأثیر بگذارند، از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای (ساتروایت[5]، ۲۰۰۸) و تحولات زیست محیطی (حمیدی و همکاران، ۲۰۲۱) اما بی شک یکی از مهم‌ترین محرک‌های غیر قابل اغماض "شهرنشینی" است- فرآیندی که اندازه، ساختار و رشد شهرها را در پاسخ به انفجار جمعیت تغییر می‌دهد (لیانگ و گنگ، ۲۰۲۰؛ شکوهی، خادمی، زمانی‌پور، ۱۳۹۹). به موازات آلودگی هوا از مشکلات فراگیر دیگری که شهرنشینی لجام گیسخته با ایجاد وابستگی به خودرو بوجود می‌آورد کم‌تحرکی است (مالیک، ویلت و هو[6]، ۲۰۱۳). کم‌تحرکی مهم‌ترین عامل در شکل‌گیری اپیدمی بیماری‌های غیر واگیر مانند چاقی است (دبلیو اچ او، ۲۰۱۵). چاقی به همراه خود بیماری‌هایی مانند فشار خون (ژیانگ[7] و همکاران، ۲۰۱٦)، دیابت (ورما[8] و حسین، ۲۰۱۷) و بیماری‌های روانی (کپلمن[9]، ۲۰۰۰) را منجر می‌شود. چاقی در جهان از سال ۱۳٥٤ به بعد تقریبا سه برابر شده است. در سال ۱۳۹٥، بیش از ۱,۹ میلیارد بزرگسال، ۱۸ سال و بالاتر، اضافه وزن داشتند و از این تعداد بیش از ٦٥۰ میلیون نفر چاق بودند. این یعنی ۳۹ درصد از بزرگسالان اضافه وزن دارند و ۱۳ درصد آن‌ها چاق هستند (دبلیو اچ او، ۲۰۲۱). سازمان‌های جهانی بهداشت و ملل متحد الگوهای رشد شهری که زندگی فعال را ترویج می‌کنند به عنوان راهکاری برای مبارزه با آن معرفی می‌کنند (سازمان ملل متحد[10]، ۲۰۱۱؛ دبلیو اچ او، ۲۰۱٥).

از اوایل دهه ۲۰۰۰ با افزایش آگاهی نسبت به هزینه‌های زیست محیطی و سلامت ناشی از توسعه‌ی بی‌رویه و خودرو محور شهرها متخصصین شهری را بر آن داشت تا در جستجوی استراتژی‌های انسان محور برای توسعه شهرها باشند (دوالدراما، لوکو-والدیویا و آسگوییلازا [11]،۲۰۲۰) تا از این طریق تحرک ساکنین را افزایش

---

[1] World Bank
[2] Liang & Gong
[3] WHO
[4] Global Burden of Disease
[5] Satterthwaite
[6] Malik, Willett & Hu
[7] Jiang
[8] Verma
[9] Kopelman
[10] United Nations Organization
[11] de Valderrama, Luque-Valdivia & Aseguinolaza-Braga

و استفاده از وسایل نقلیه را کاهش دهند. استراتژی‌هایی مانند رشد هوشمند (یه، ماندپه و میر[۱۲]، ۲۰۰۵)، توسعه محله سنتی[۱۳](ربانی ابوالفضلی، رهنما، خاکپور، ۱۳۹۶؛ روشنی، رهنما و افشاری، ۱۳۹۲)، شهر فشرده (دیلمن و وگنر[۱٤]، ۲۰۰٤) و ایده شهر ۱۵ دقیقه‌ای (گریلس-گریدو[۱۵] و همکاران، ۲۰۲۱) از آن جمله هستند. همه این‌ها حداقل در یک زمینه اشتراک داشته و آن تغییرات در محیط کالبدی (BE[۱٦]) برای حداقل کردن نیاز سفر با خودرو و حداکثر کردن سفرهای پیاده در شهرها (آلام[۱۷] و همکاران، ۲۰۲۲) است. سفرها با اهداف مختلفی مانند رفتن به محل کار، تفریح، دیدار دوستان و آشنایان، خرید و غیره صورت می‌گیرد (یانگ و همکاران[۱۸]، ۲۰۱۱). از این میان تقریبا ۷۰ درصد از حجم سفرهای شهری را سفر از خانه به محل کار تشکیل می‌دهد (نوس، دا سیلوا و آرادو[۱۹]، ۲۰۲۱). بنابراین تغییر در ویژگی‌های (BE) به نفع افزایش انتخاب حالت پیاده‌روی در مقابل سایر حالت‌های حمل و نقل برای رفتن به محل کار (۱) حجم بزرگی از آلودگی‌های محیطی ناشی از استفاده‌ی خودرو را کم می‌کند (۲) ایمنی خیابان‌ها را به طرز چشم‌گیری با کاهش تردد وسیله نقلیه افزایش می‌دهد (۳) زندگی فعال را ترویج می‌کند (٤) چاقی و بیماری های ناشی از آن را کاهش می‌دهد.

تحقیقات مختلفی برای یافتن نقش BE بر پیاده‌روی انجام شده است (مانند، فیلومنا و ورستجن[۲۰]، ۲۰۲۱؛ هانگ، کینم و باری[۲۱]، ۲۰۲۱). مطالعه هانگ[۲۲] و همکاران (۲۰۱۹)، در شهر سیاتل، نشان داد افرادی که در محلات با تراکم مسکونی و تراکم شغلی بالاتر زندگی می‌کنند در مقایسه با سایر افراد سفرهای پیاده بیشتری را دارند (هانگ و همکاران، ۲۰۱۹) درحالیکه ژیائو[۲۳] و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای در شهر ژیامن[۲٤] به طور دور از انتظاری دریافتند تراکم جمعیت و تراکم اشتغال هیچ تاثیر قابل توجهی بر راه رفتن ساکنان ندارد (ژیائو، و همکاران، ۲۰۲۰). به نظر آن‌ها با توجه به اینکه شهر ژیامن از تراکم شغلی و جمعیتی بالایی برخوردار است بنابراین تفاوت تراکم شغلی و جمعیتی در محلات مختلف این شهر رابطه مثبت و معناداری با گرایش افراد به پیاده‌روی ایجاد نمی‌کند. نوس، دا سیلوا و آرادا (۲۰۲۱) نشان دادند که ارتباط مثبتی بین مجاورت مکان‌های سکونت و مکان‌های فعالیت و انتخاب پیاده‌روی به عنوان یک حالت حمل و نقل وجود دارد، به‌ویژه زمانی که با تراکم تقاطع‌ها ترکیب شوند (نوس، داسیلوا و آرادا، ۲۰۲۱) در حالیکه آلفونزو و همکاران (۲۰۰۸) ادعا کردند افزایش تراکم تقاطع‌ها منجر به کاهش ایمنی پیاده می‌شوند (آلفونزو و همکاران، ۲۰۰۸) و همچنین نتایج مطالعه

[12] Ye, Mandpe & Meyer
[13] Traditional Neighborhood Development
[14] Dieleman & Wegener
[15] Graells-Garrido
[16] Built Environment
[17] Allam
[18] Yang
[19] Neves, Da Silva & Arruda
[20] Filomena & Verstegen
[21] Huang, Kimm & Burry
[22] Huang
[23] Xiao
[24] Xiamen

بحرینی و خسروی‌پور (۲۰۱۳) در شهر هشتگرد نیز عدم وجود تقاطع و پیوستگی مسیر را ویژگی موثر BE در افزایش گرایش افراد به پیاده‌روی نشان دادند. مطالعات وانگ و کائو[۲۵] (۲۰۱۷) در دو شهر میناپولیس و سنت پول[۲۶] نشان داد افزایش تراکم اشتغال، مسافت پیاده‌روی را کمتر می‌کند و بر گرایش به پیاده‌روی افراد در مناطق حومه‌ای شهر تاثیر بیشتری نسبت به مناطق مرکزی می‌گذارد (وانگ و کائو، ۲۰۱۷). یافته‌های مطالعه فلومینا، مانلی، ورستجن[۲۷] (۲۰۲۱) در شهر لندن و پاریس حاکی از آن است گنجاندن موانع مختلف برای پراکندن افراد در خیابان‌هایی که از فضاهای زیبایی مانند آب نماها بهره می‌بردند می‌تواند تاثیر مثبتی بر گرایش افراد به پیاده‌روی بگذارد (فلومینا، مانلی، ورستجن، ۲۰۲۱). به طور کلی با مرور مطالعات مشخص شد، معیارهایی مانند، کاربری ترکیبی، تراکم جمعیتی، تراکم اشتغال، تراکم تقاطع، تراکم ایستگاه‌های اتوبوس، نزدیکی کار و سکونت، ایمنی محله و زیبایی می‌توانند بر گرایش افراد به پیاده‌روی موثر باشند. اما در مکان های مختلف تاثیرگذار بودن و میزان تاثیرگذاری آن‌ها متفاوت بوده است که شاید علت این موضوع را بتوان از طرفی به ویژگی‌های متفاوت فرهنگی، اقتصادی و عواملی که توسعه آن شهرها را هدایت می‌کنند و از طرف دیگر به موقعیت قرار گیری آن محله در شهر نسبت داد.

برای بررسی نقش BE بر رفتار پیاده‌روی از روش‌های مختلفی استفاده شده است. اکثریت تحقیقات موجود از روش‌های آماری استفاده کردند. محدودیت مهم مدل‌های آماری ناتوانی در نشان دادن پویایی مجموعه روابط حاکم در جامعه شامل، چرخه بازخوردها و تعاملات پویای بین افراد با یکدیگر، افراد با محیط می‌باشد. از این جهت مدلسازی عامل بنیان (ABM[۲۸]) با توانایی نشان دادن پویایی‌های سیستم‌های اجتماعی و جغرافیایی در دو دهه اخیر رشد قابل توجهی پیدا کرده است. ABM یک مدلسازی الگوریتمی[۲۹] است که می‌تواند برای شبیه‌سازی رفتارها و تعاملات به منظور دستیابی به درک عملکرد سیستم مورد استفاده قرار گیرد (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱). ABM بر خلاف سایر روش‌های مدلسازی مانند سیستم پویا از پایین به بالا می‌باشد (ارسنجانی، هلبریچ و دنورونهاواز[۳۰]، ۲۰۱۳). بنابراین زمانی که هدف مطالعه‌ای درک رفتار افراد جامعه به واسطه پیاده‌سازی سیاست‌های بالادستی باشد می‌تواند گزینه بسیار مناسب‌تری نسبت به سایر روش‌های مدلسازی باشد.

بررسی نقش ویژگی‌های BE بر رفتار پیاده‌روی در محلات مرکزی شهر شاید بیش از مابقی محلات دارای اهمیت باشند. در محلات مرکزی کاربری‌های مورد نیاز برای ساکنین به مراتب در دسترس‌تر از ساکنین دیگر محلات شهر می‌باشد. از سوی دیگر پیاده‌محوری محلات مرکزی شهر از بار ترافیکی مرکز شهر کاسته و این مراکز را به مناطقی با ازدحام پیاده تبدیل می‌کند که موجب توسعه نقاط سرزنده شهری می‌شود. این نقاط علاوه

---

[25] Wang
[26] Minneapolis and St. Paul
[27] Filomena, Manley & Verstegen
[28] Agent Based Modeling
[29] computational
[30] Helbich & de Noronha

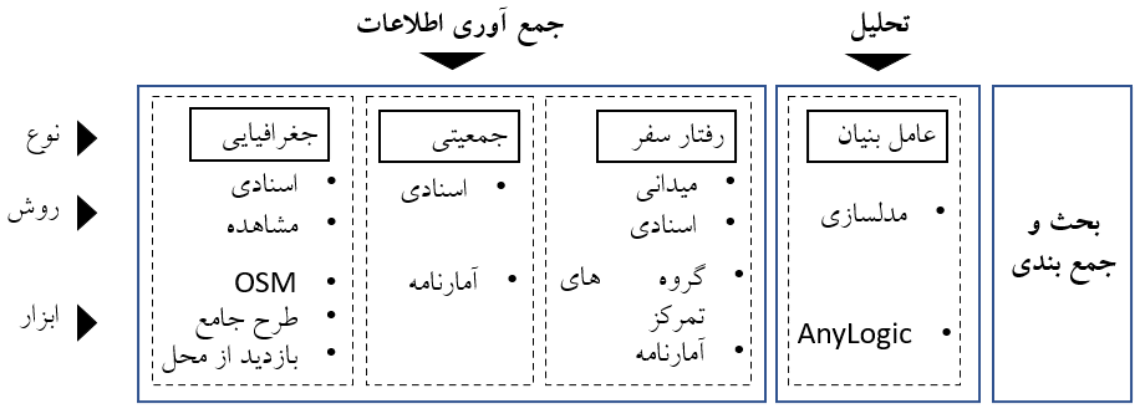
بر افزایش سطح تعاملات اجتماعی و کاهش آلودگی زیست محیطی می‌تواند فرصت‌های متنوع اقتصادی نیز برای ساکنین این محلات و کل شهر بوجود آورد. از اینرو تحقیق حاضر به دنبال ارزیابی تاثیر ویژگی‌های BE در مناطق مرکزی شهر بر گرایش افراد به پیاده‌روی برای رفتن به محل کار با استفاده از ABM می‌باشد. برای نمونه محله اسپه کلا به عنوان یکی از محلات پر جمعیت و مرکزی شهر آمل مورد بررسی قرار گرفته است. در حالیکه جمعیت آمل در فاصله سال‌های ۱۳٦٦ تا ۱۳۹۵ آن ۲/۱ برابر شده است، مساحت ساخته شده این شهر ۲/۷ برابر رشد داشته است و تنها در فاصله سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵ پهنه کشاورزی این شهر از ٦٥۳۰/۰٤ هکتار به ۳۹۹۷/۵۳ کاهش پیدا کرده است (طهماسبی مقدم، قائد رحمتی و شاهرخی فر، ۱۳۹۷). روند رو به فزونی تخریب زمین‌های کشاورزی نتیجه نگاه رشد به بیرون و وابستگی به خودرو می‌باشد در نتیجه با توسعه ظرفیت‌های پیاده‌محور شهر آمل انتظار می‌رود از عواقب رشد لجام گسیخته شهر پیشگیری شود.

۲. متدلوژی

اطلاعات مورد نیاز این تحقیق در سه دسته جغرافیایی، جمعیتی و رفتار سفر ساکنین قابل دسته‌بندی است (شکل ۱). برای جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی از روش اسنادی و مشاهده استفاده شده است. برای تهیه نقشه راه‌ها از سایت OSM[۳۱] و برای تهیه نقشه کاربری از طرح جامع در دست تهیه شهر آمل استفاده شده است. همچنین با بازدید از محل نقشه‌ی راه‌ها کنترل شد. اطلاعات جمعیتی به روش اسنادی و از طریق آمارنامه‌ها (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۷) جمع‌آوری شده است. برای استخراج رفتار سفر ساکنین از روش میدانی و اسنادی استفاده شده است. برای این منظور با گروه‌های تمرکز که شامل ۳۰ خانواده از طیف‌های مختلف فرهنگی، بازاری، دانشگاهی و ادرای بودند مصاحبه انجام شد و برخی از اطلاعات نیز از طریق آمارنامه در این بخش تهیه شده است.

برای تحلیل اطلاعات نیز در این تحقیق از مدسازی عامل بنیان استفاده شده است. در این بخش نرم افزار انی لاجیک[۳۲] انتخاب شده است. گام زمانی مدل ما روز و بازه زمانی مدل ۱۰ سال می‌باشد. در پایان نتایج بدست آمده مورد بحث و جمع بندی قرار گرفته است.

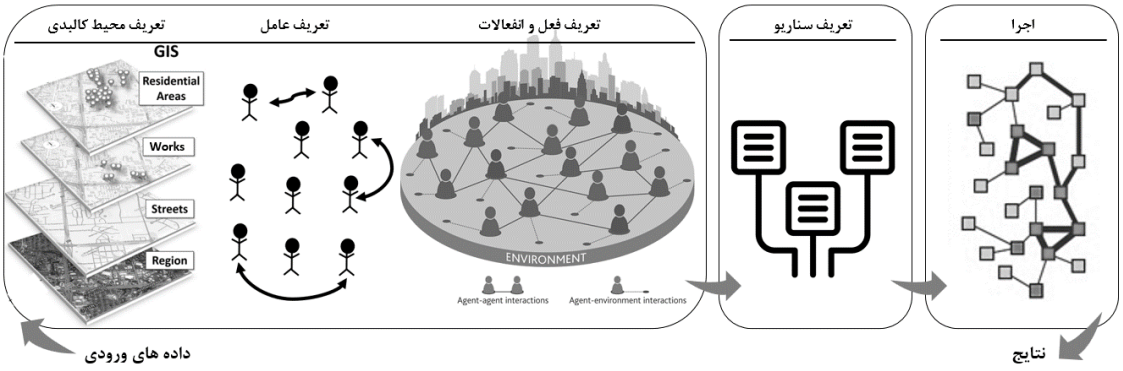
[31] OpenStreetMap
[32] AnyLogic



شکل ۱ : فرآیند روش شناسی تحقیق

۲. ۱. فرآیند عملیاتی مدلسازی عامل بنیان

با توجه به اینکه مدل مدنظر بنا دارد رفتار پیاده را در یک محیط کالبدی شبیه‌سازی نماید بنابراین تعریف آن با خصوصیات مکانی لازم می‌تواند به عنوان اولین گام در نظر گرفته شود (شکل ۲). بعد از تعریف محیط کالبدی، تعریف عامل و رفتارشان و نحوه تعامل آن‌ها با یکدیگر در قدم بعدی قرار می‌گیرند (شیفلت[۳۳] و شیفلت، ۲۰۱٤). ویژگی‌های محیط کالبدی، عامل و فعل و انفعالات تعریف شده داده‌های ورودی ساخت مدل را ایجاد می‌کنند و مدل را برای آزمایشات مختلف مهیا می‌سازد. از اینرو بعد از این مرحله نیاز است تا سناریوهای مختلفی برای حل مساله‌ای که به آن منظور مدل ساخته شده است تعریف شوند. در نهایت در گام آخر تحت عنوان اجرا قبل از اینکه یافته‌ها استخراج شوند، اعتبار مدل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

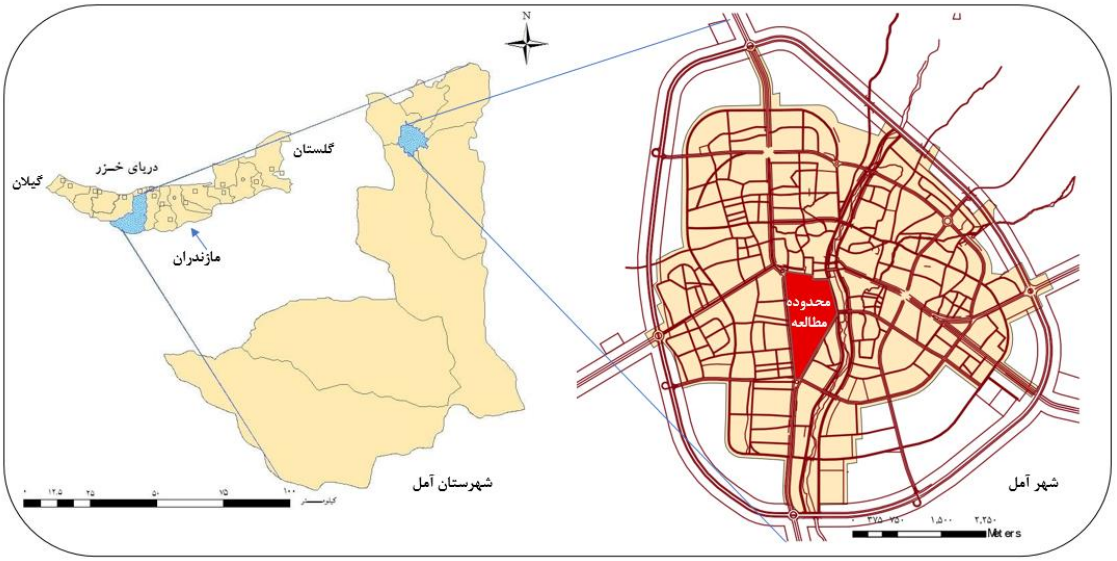


شکل ۲: فرآیند عملیاتی مدلسازی عامل بنیان

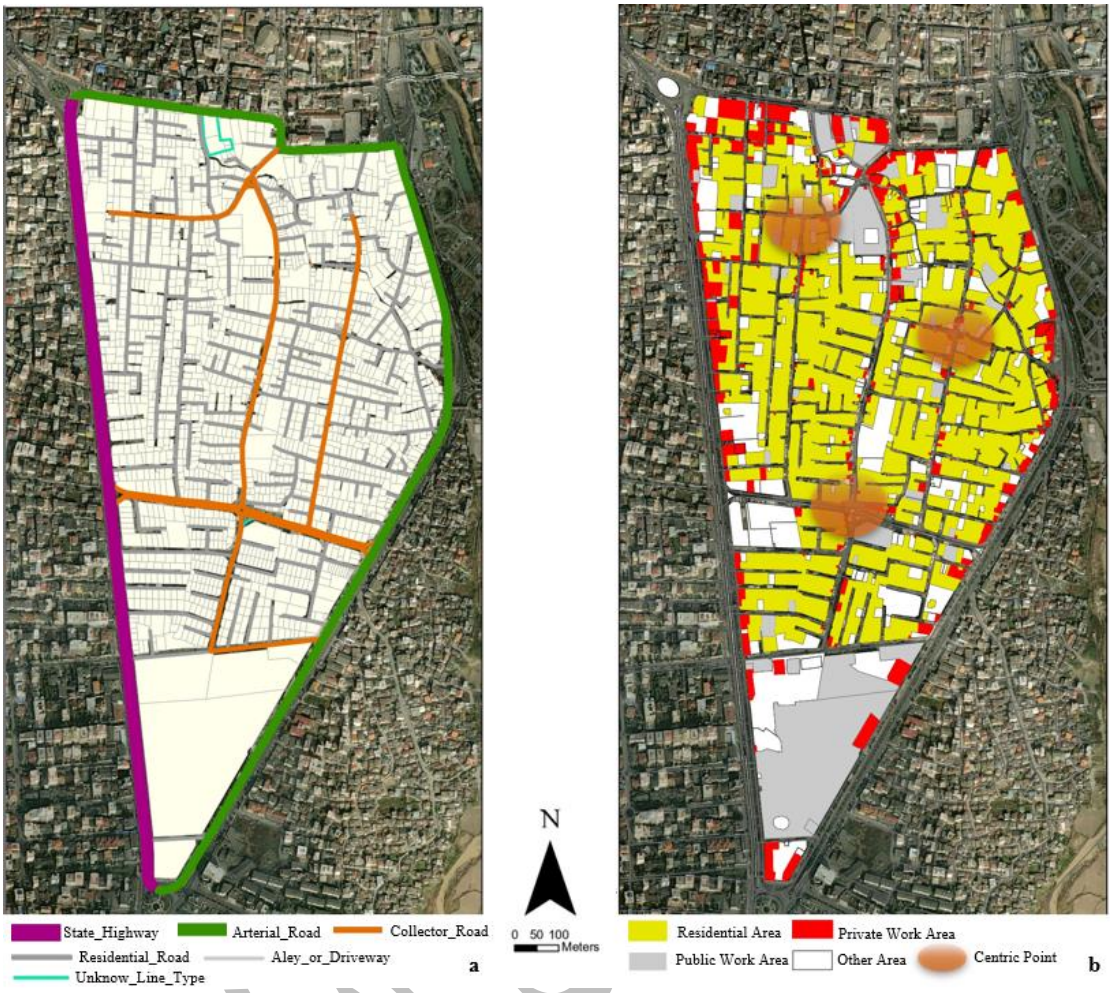
۲. ۲. تعریف محیط کالبدی

[33] Shiflet

محدوده مورد مطالعه بخشی از محدوده مرکزی شهر آمل است (شکل ۳) که عمده فعالیت‌های مقیاس مرکز شهر در پیرامون آن مستقر شده است. مساحت محدوده ۹۰/۱ هکتار، محیط آن ٤٤٣٧ متر، جمعیت آن معادل هجده هزار نفر و تراکم جمعیت آن معادل ۲۰۰ نفر در هکتار می‌باشد. در شکل (٤) نقشه‌های سلسله مراتب راه‌های محدود و چگونگی توزیع کاربری‌های نشان داده شده است. توزیع فضایی محدوده‌های سکونتگاهی نسبتا به صورت یکنواخت می‌باشد. عمده محدوده‌های کار در بخش‌های خصوصی و عمومی در نواحی حاشیه‌ای و در جوار راه‌های شریانی و بزرگراهی قرار گرفته است و باقی‌مانده آن‌ها به صورت لکه‌های پراکنده در داخل محدوده قرار دارند.



شکل ۳- موقعیت محدوده مورد مطالعه



شکل ٤ : a- سلسله مراتب راه‌ها در محدوده مورد مطالعه برگرفته ازOpenStreetMap؛ b- نحوه توزیع محل سکونت و کار در محدوده مورد مطالعه (مهندسین مشاور مازند طرح، ۱۳۹۵)

۲. ۳. تعریف عامل

ویژگی‌های عمومی

در این مدل افراد شاغل و ساکن در محدوده مورد مطالعه به عنوان عامل در نظر گرفته شده است. ویژگی‌های کلی جمعیت شناختی عامل‌ها در جدول (۳) قابل مشاهده است. محل کار افراد در دو بخش عمومی و خصوصی تفکیک شده‌اند. ۱۰۱ نقطه به عنوان نماینده محل کار افراد در بخش خصوصی و ۲۳ نقطه به عنوان نماینده محل کار بخش عمومی طبق نقشه b (شکل ٤) در محدوده توزیع شدند. همچنین ۱۰۱ نقطه که تقریبا به ازای هر بلوک ۲ تا ٤ نقطه به عنوان نماینده‌ای از محل زندگی افراد به نرم افزار داده شده است. عامل‌ها به طور یکنواخت در بین محدوده‌های سکونتگاهی توزیع شدند. همه عامل‌ها در محدوده مورد مطالعه زندگی می‌کنند اما محل کار ۳۵ درصد از آن‌ها در داخل محدوده و مابقی در خارج از محدوده قرار دارد.

جدول ۱- ویژگی عامل‌ها

ویژگی های جمعیت	مقادیر
جنس	زن و مرد با احتمال برابر
سن	۱۵-٦٤ (سن فعالیت) (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۷)
وضعیت اقتصادی اجتماعی (SES[34])	عدد صحیح رنج ۱ تا ۵، بالاترین عدد نشان دهنده بالاترین SES، فرض شده است اعضا یک خانواده دارای SES مشابه می باشند. - ۵ درصد جمعیت $4 < SES \leq 5$ - ۲۰ درصد از جمعیت $3 < SES \leq 4$ - ٦۰ درصد از جمعیت $2 < SES \leq 3$ - ۱۰ درصد از جمعیت $1 < SES \leq 2$ - ۵ درصد از جمعیت $0 < SES \leq 1$
دوستان	هر فرد ۳ تا ۷ دوست دارد که می تواند در پیاده روی دیگری تاثیر بگذارد، به احتمال ۹۰ درصد دوستان او در SES برابر قرار دارند و به احتمال ۱۰ درصد در سایر SES ها
خانواده	هر فرد به طور رندوم به یک خانواده نسبت داده می شود.
بعد خانوار	۳ فرض شده است (میانگین بعد خانوار در مازندران)
جمعیت شاغل	۱۲۲۰۰ نفر
جمعیت شاغل به تفکیک گروه های سنی	۱۵-۱۹ سال: ۸/۵ درصد از کل جمعیت، ۲۰- ۲٤ سال: ۹/۳ درصد، ۲۵-۲۹ سال: ۱۳/۳ درصد، ۳۰- ۳٤ سال: ۱۵/۳ درصد، ۳۵- ۳۹ سال: ۱۲/٤ درصد، ٤۰- ٤٤ سال:۱۰/٦ درصد، ٤۵- ٤۹ سال: ۱۰/۳ درصد، ۵۰- ۵٤ سال: ۸/۵ درصد، ۵۵- ۵۹ سال: ٦/۸ درصد، ٦۰- ٦٤ سال: ٤/۹ درصد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۷)
مالکیت خودرو	۵۳/۲ (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۷)
گوناگونی اشتغال	بخش عمومی، بخش خصوصی
میزان اشتغال در بخش عمومی	٤/۹
میزان اشتغال در بخش خصوصی	۹۵/۱
ساعات کاری در بخش عمومی	۷:۳۰- ۱٤
ساعات کاری بخش خصوصی (۷۰ درصد از شاغلین این بخش)	۹- ۱۲:۳۰ ۱٦-۲۱
ساعات کاری ساعات کاری بخش خصوصی (۳۰ درصد از شاغلین این بخش)	۸- ۱۷
توانایی پیاده روی (A_b[35])	مقدار بین ۰ تا ۱، بالاترین مقدار بیشترین مسافتی که یک فرد می تواند پیاده روی کند را نشان می دهد.

[34] Social Economic Status
[35] Ability

گرایش به پیاده‌روی (A_t[36])	مقدار بین ۰ تا ۱، بالاترین مقدار نشان دهنده بیشترین احتمالی است که یک فرد می خواهد پیاده روی کند.
سرعت پیاده‌روی	بین ۰/۹ تا ۱/۲ متر بر ثانیه (آیین نامه طراحی معابر شهری، ۱۳۹۹)
حداکثر فاصله پیاده‌روی برای رفتن به محل کار	Triangular (min=1600, max=2000, mode=1800) (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱)

همه افراد شاغل هر روز به محل کار خود سفر می‌کنند. اگر فاصله بین خانه فرد و محل کار او کمتر از حداکثر فاصله پیاده‌روی برای یک یک فرد مشخص (رابطه ۱) باشد سپس تصمیم برای پیاده‌روی به طور تصادفی برابر با گرایش به پیاده روی At (رابطه ۳) در نظر گرفته می‌شود. توانایی پیاده روی بین سن ۱۵ تا ۳۷ ثابت فرض شده است اما از سن ۳۸ سالگی به بعد به صورت خطی کاهش می‌یابد (رابطه ۲).

رابطه (۱): حداکثر فاصله پیاده‌روی برای یک یک فرد ، (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱)

حداکثر فاصله پیاده‌روی برای یک یک فرد مشخص (Da)= توانایی فرد (Ab) (رابطه ۲) × حداکثر فاصله پیاده‌روی برای رفتن به محل کار

رابطه (۲): توانایی پیاده روی هر فرد، (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱)

$$A_b = U^4(0,1) * (\frac{Min\ (|137 - Age|, 100)}{100})$$

با ثابت در نظر گرفتن توزیع سنی جمعیت و اندازه جمعیت بنابراین میانگین کل توانایی پیاده‌روی جامعه در بازه زمانی مدلسازی تغییری نخواهد کرد. اما گرایش به پیاده‌روی در طول زمان پویا می‌باشد. در شروع فرآیند مدلسازی به هر فرد یک عدد بین ۰ تا ۱ به طور رندوم براساس رابطه (۳) اختصاص داده می‌شود و با توجه به بازخوردهای مختلف که به‌طور روزانه دریافت می‌کند این مقدار تغییر می‌کند.

رابطه (۳): مقدار اولیه گرایش به پیاده‌روی که به هر عامل نسبت داده می شود، (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱)

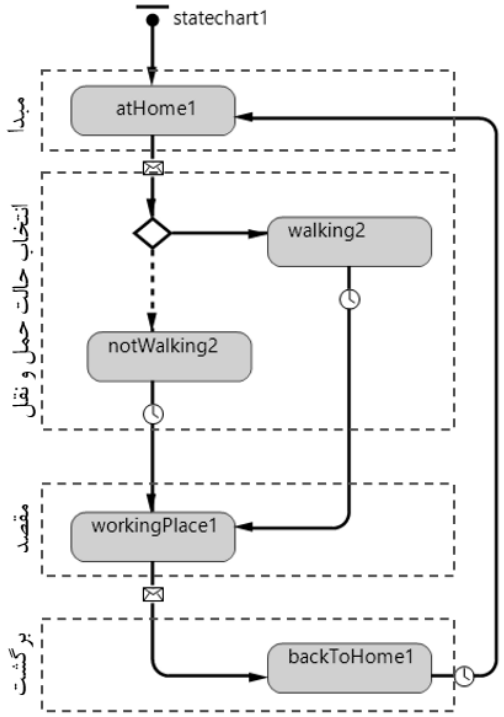
$$\text{At= } U^3(0,1) \text{(گرایش به پیاده‌روی)}$$

الگوی رفتاری عامل

وضعیت عامل در طی مراحل تصمیم‌گیری در شکل (۵) مشخص شده است که در مجموع الگوی رفتاری عامل را مشخص می‌کند. این شکل نمودار وضعیت نام دارد که در نرم‌افزار تعریف شده است. مستطیل‌ها وضعیت حالت‌هایی از تصمیم‌گیری که فرد در طی روز برای رفت و برگشت از خانه به محل کار در آن قرار

[36] Attitude

می‌گیرد را نشان می‌دهد و فلش‌ها نحوه انتقال از یک حالت به حالت دیگر را نشان می‌دهد. هر انتقال با شرایطی انجام می‌شود که از طریق منوی نرم افزار قابل تنظیم هست یا از طریق کد نویسی به زبان جاوا.



شکل ٤ : نمودار وضعیت عامل

۲. ٤. تعریف فعل و انفعالات

فعل و انفعالات روزانه هر فرد با خانواده‌اش، شبکه دوستانش و محیطی که از آن عبور می‌کند بازخوردهایی را شکل می‌دهند که بر گرایش فرد به پیاده‌روی تاثیر می‌گذارد. بازخوردها منجربه به‌روز شدن مقدار گرایش به پیاده‌روی هر فرد می‌شود که مشخص می‌کند آن‌ها به چه میزان در روز بعد برای رفتن به محل کار خود گرایش خواهند داشت. این بازخوردها در سه دسته زیر مشخص شدند.

بازخورد ۱) از طریق خانواده و دوستان

ا–الف) خانواده: بازخورد گرایش به پیاده‌روی هر فرد از خانواده اش از طریق رابطه (٤) به روز می‌شود. P1، P2، اعضای یک خانواده هستند و $A_t'(P1)$ معرف بازخورد گرایش به پیاده روی فرد (P1) می‌باشد.

رابطه (٤): بازخورد گرایش به پیاده روی از طریق خانواده، (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱)

$$A_t'(P1) = (1-\alpha) * A_t(P1) + aA_t(P2) + aA_t(P3)$$

$$A_t{}'(P2) = (1-a) * A_t(P2) + aA_t(P1) + aA_t(P3)$$

ا–ب) دوستان: رابطه (۵) مقدار گرایش به پیاده روی هر فرد را بر اثر میانگین بازخوردی که از دوستانش می‌گیرد به روز می‌کند. $A_t{}'(P)$ معرف بازخورد گرایش به پیاده روی فرد (P) و $\overline{A_t(F)}$ میانگین گرایش به پیاده روی شبکه دوستانش (F) می باشد.

رابطه (۵): بازخورد گرایش به پیاده‌روی از طریق دوستان، (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱)

$$A_t{}'(P) = (1-a) * A_t(P) + \overline{aA_t(F)}$$

بازخورد ۲) محیطی(Ie)

برای محاسبه بازخورد محیطی از دو ویژگی ایمنی[۳۷] و زیبایی[۳۸] محیط استفاده شده است که در رابطه (٦) نحوه محاسبه آن مشخص شده است.

رابطه (٦): نحوه محاسبه بازخورد محیطی، (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱)

$$Ie = \frac{(S + U(-0.5, +0.5))}{\bar{S}} * \frac{(A + U(-0.5, +0.5)}{\bar{A}}$$

برای استفاده از رابطه (٦) در نرم افزار، فرض شده است هر فرد برای رفتن به محل کار خود حداقل از دو نوع مسیر از انواع مسیرها که در نقشه سلسله مراتب راه‌های محدوده (شکل ۲) مشخص شده است عبور می‌کند. در این رابطه S برابر با کمترین مقدار ایمنی در دو مسیر طی شده توسط عامل است. $\bar{S}$ برابر با میانگین مقادیر ایمنی کل مسیر است. A برابر با میانگین مقادیر زیبایی در دو مسیر طی شده می باشد. $\bar{A}$ برابر با میانگین مقادیر زیبایی در کل مسیر است. احتمال انتخاب هر مسیر توسط عامل برابر با درصد فراوانی آن مسیر در وضع موجود در نظر گرفته شده است (جدول ۲). به هر مسیر امتیازی هم برای زیبایی و هم برای ایمنی از یک تا شش اختصاص داده شده است. امتیاز یک سطح پایین را نشان می‌دهد و امتیاز شش سطح بالا را نشان می‌دهد (با توجه به مشاهدات میدانی و مصاحبه با گروه‌های تمرکز).

جدول ۲_ فراوانی مسیر و مقدار ایمنی و زیبایی نسبت داده شده به هر مسیر

سلسله مراتب راه های محدوده	فراوانی	امتیاز زیبایی	امتیاز ایمنی
کوچه[۳۹]	۱,۱۰	۱	۵
راه محلی[۴۰]	۶۳,۵۶	۲	۲

[37] Safe
[38] **Aesthetic**
[39] Alley or Driveway
[40] Residential Road

راهایی با نوع نا معین[41]	۱,۴۳	۳	۲,۵
جمع و پخش کننده[42]	۱۵,۶۶	۴	۱
شریانی[43]	۱۰,۹۶	۵	۳
بزرگراه[44]	۷,۲۹	۵	۳

بازخورد ۳) میزان کل پیاده‌روی در طول روز

هر چقدر مسافتی که فرد در طی یک روز طی می‌کند کمتر از حداکثر مسافتی که توانایی پیاده‌روی دارد باشد آن فرد در طی روز احساس خستگی کمتری دارد بنابراین بر گرایش او به پیاده‌روی در روز بعد اثر مثبت خواهد گذاشت و بالعکس آن تاثیر منفی (رابطه ۷). در این رابطه Da حداکثر مسافت پیاده روی، Ab توانایی هر فرد و d طول مسیر طی شده به صورت پیاده را نشان می‌دهند.

رابطه (۷): نحوه محاسبه مقدار بازخورد میزان کل پیاده روی در روز عامل، (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

$$I_t = Min(1, \frac{A_b D_a}{d})$$

جمع بندی بازخوردهای ۲ تا ۳:

در نهایت در پایان هر روز بازخوردهای ۲ تا ۳، گرایش به پیاده‌روی هر عامل را طبق رابطه زیر بروز رسانی می‌کند.

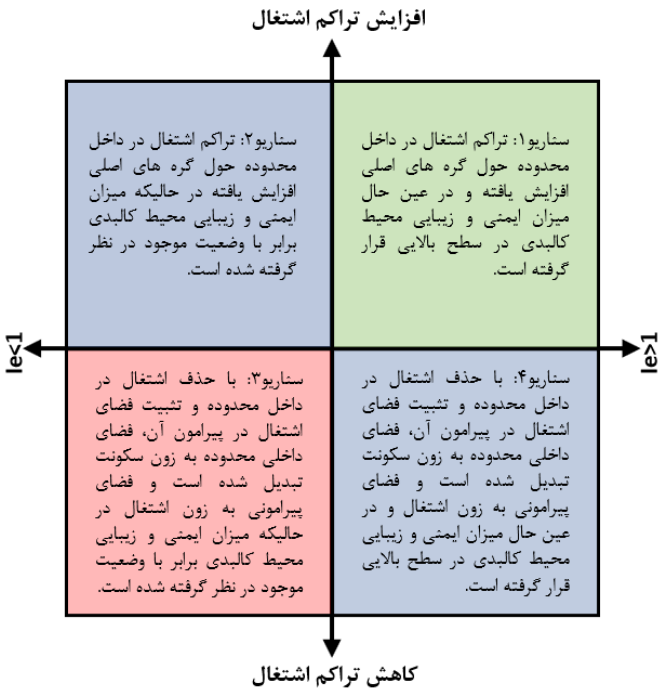
رابطه (۸): نحوه محاسبه گرایش به پیاده روی تحت تاثیر بازخوردها ۲ و ۳، (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

$$A'_t = A_t * (1 - a + a\bar{I}_e) * (1 - a + a\bar{I}_t)$$

۲. ۵. تعریف سناریو

تمرکز تحقیق حاضر بر یافتن ارتباط بین تغییرات BE و گرایش به پیاده‌روی برای رفتن به محل کار می‌باشد. در این تحقیق BE طبق رابطه (٤) با توجه به ویژگی های زیبایی و ایمنی که با Ie نشان داده می شود و تراکم اشتغال در نظر گرفته شده است و براساس آن سناریوهای طبق شکل (٦) ایجاد شدند.

[41] Unknown Line Type
[42] Collector Road
[43] Arterial Road
[44] State Highway



شکل ٦- سناریوهای تغییر BE

۲. ٦. اعتبار مدل

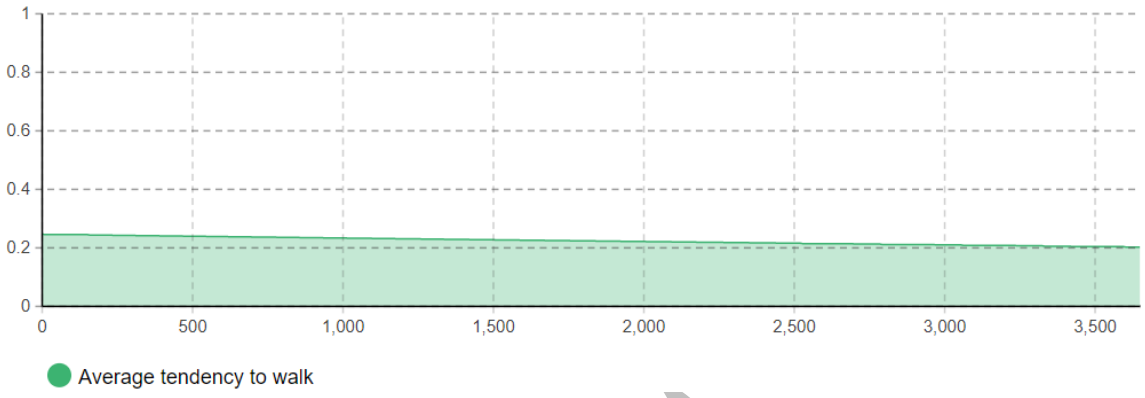
در این مطالعه سعی شده است برای اعتبار مدل از داده های اسنادی معتبر در مورد رفتارهای عامل (به عنوان مثال، نرخ مالکیت خودرو در منطقه، توزیع و تراکم محل سکونت در منطقه مورد مطالعه) و اطلاعات جمع آوری شده از طریق مصاحبه با گروه های تمرکز و مشاهدات محقق استفاده شود. همچنین روابط تعریف شده در مدل مانند مکان یابی سکونت و محل کار، ساعت حرکت و بازگشت از محل کار و سایر روابط از طریق ردیابی منطقی و مطالعه مدل در حین اجرا مورد بررسی قرار گرفت که حاکی از کارکرد درست روابط در حین اجرای مدل می‌باشد. با توجه به اینکه داده هایی از رفتار سفر با هدف رفتن به محل کار در محدوده مورد مطالعه یا بطور کلی از ایران در سری های زمانی مختلف موجود نبود بنابراین مدل کالیبره نشده است و قدرت پیش‌بینی مدل مورد ارزیابی قرار نگرفت.

۳. یافته‌ها

یافته‌های مدل در دو بخش مبتنی بر روندهای موجود و مبتنی بر تغییر روندهای موجود بررسی شده است. در نمودارهای استخراج شده محور افقی زمان را به روز و محور عمودی مقدار هدف هر نمودار را نشان می‌دهد.

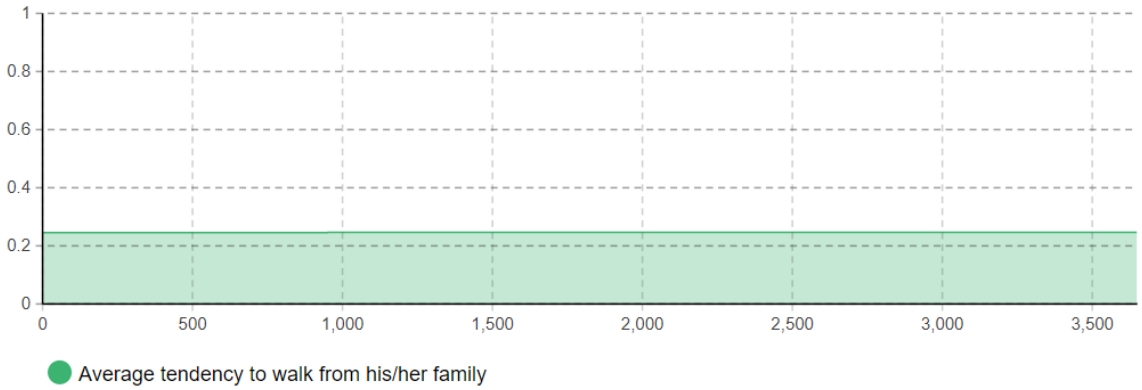
۳. ۱. مبتنی بر روندهای موجود

بعد از جاری شدن مدل مشخص شد، میانگین گرایش به پیاده‌روی افراد که شاخصی بین ۰ تا ۱ می‌باشد در کل دوره زمانی دارای یک شیب نزولی می‌باشد (شکل ۷). این شیب گویای این است که بازخوردهایی که افراد از محیط، خانواده و شبکه دوستان در طول زمان برای پیاده‌روی به محل کار دریافت می‌کنند بازخوردهای مثبتی نمی‌باشند بطوریکه مقدار آن از ۰/۲۵ در ابتدای جاری شدن مدل به ۰/۲۰ در پایان دوره ده ساله مدل کاهش پیدا کرده است.



شکل ۷- میانگین گرایش به پیاده روی در روند موجود

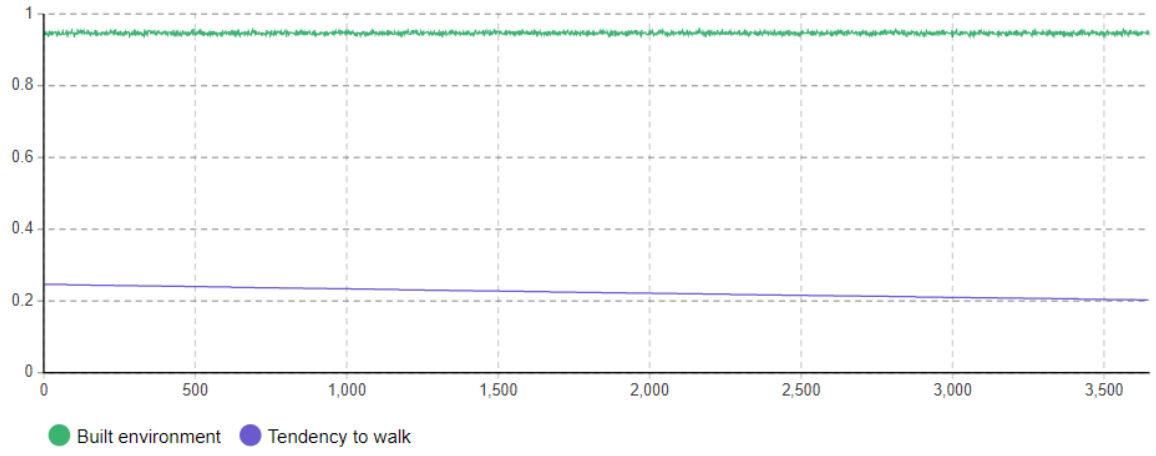
برای اینکه مشخص شود بیشترین سهم در کاهش گرایش به پیاده‌روی افراد جامعه تحت تاثیر کدام بازخورد می‌باشد یک به یک بازخوردها مورد بررسی قرار گرفتند. در ابتدا اثر همه بازخوردها جز بازخورد خانواده در مدل نادیده گرفته شدند. نتیجه نشان داد بازخورد خانواده منجر به نزولی یا صعودی شدن شیب نمودار گرایش به پیاده‌روی نمی‌شود و تقریبا همان مقدار اولیه گرایش به پیاده‌روی در کل دوره زمانی مدلسازی ثابت باقی می‌ماند (شکل ۸).



شکل ۸- میانگین گرایش به پیاده روی تحت تاثیر بازخورد خانواده در روند موجود

بعد از بررسی تاثیر بازخورد خانواده بر گرایش افراد به پیاده روی تاثیر بازخورد شبکه دوستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نیز مشابه تاثیر بازخورد خانواده بوده است. بنابراین شبکه دوستان نیز تاثیر قابل توجه و محسوسی بر گرایش به پیاده‌روی جامعه نداشته‌اند. در حقیقت تعامل انسان با انسان تاثیر قابل توجهی بر گرایش افراد به پیاده‌روی ندارد. در حقیقت تعامل انسان به انسان نوعی تبلیغ زبانی پیاده‌روی است. تبلیغ زمانی می‌تواند موثر واقع شود که محصول نیز از کیفیت لازم برخوردار باشد. بنابراین می‌توان اینطور استنباط کرد شهر (محصول) توسط ساکنین برای پیاده‌روی مناسب ارزیابی نمی‌شود بنابراین تبلیغ زبانی نمی‌تواند برای پیاده‌روی موثر واقع شود.

بررسی تاثیر بازخورد محیطی بر گرایش افراد به پیاده روی نتایج کاملا متفاوتی را نسبت به بازخورد خانواده و شبکه دوستان داشته است. همانطور که شکل (۹) نشان می‌دهد با توجه به اینکه مقدار شاخص (Ie) که نماینگر بازخورد محیطی است در کل دوره زمانی کوچکتر از ۱ شده است. بنابراین اثر آن بر گرایش به پیاده‌روی منفی می‌باشد (با توجه به رابطه ۸) و منجر به نزولی شدن آن در کل دوره زمانی مدل شده است.



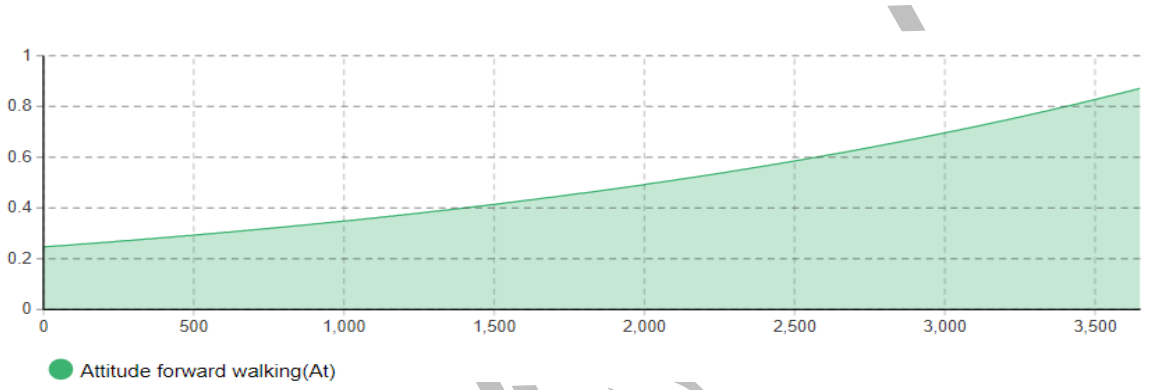
شکل ۹- میانگین گرایش به پیاده روی تحت تاثیر بازخورد محیطی (Ie)

۳. ۲. مبتنی بر تغییر روندهای موجود

سناریو ۱:

با اضافه نمودن ۱۹ محل اشتغال جدید در سه گره کانونی محله (شکل ٤) و افزایش شاخص Ie به بالاتر از یک با تغییر توزیع امتیازات مربوط به ایمنی مسیرها (جدول ۲) شاهد آن هستیم که مقدار گرایش به پیاده‌روی به مرور زمان از ۰/۲۵ به بالاتر از ۰/۸ رسیده است (شکل ۱۰). این موضوع نشان دهنده آن است در پایان زمان

ارزیابی در صورتی که فاصله محل زندگی تا محل کار فرد کمتر از حداکثر فاصله‌ای باشد که توانایی پیاده‌روی دارد، او به احتمال بیش از ۸۰ درصد این فاصله را پیاده می‌رود درحالیکه این احتمال در بازه زمانی ابتدای مدل برابر با ۲۵ درصد بوده است. شکل (۱۱) نشان می‌دهد از مجموع سفرهای صورت گرفته به محل کار در روز اول ٤ درصد سفرها پیاده بوده است و در میانه بازه زمانی مدل این مقدار با رشد اندکی به ۵ درصد می‌رسد در حالیکه در پایان زمان مدل رشد دو برابری را تجربه می‌کند.



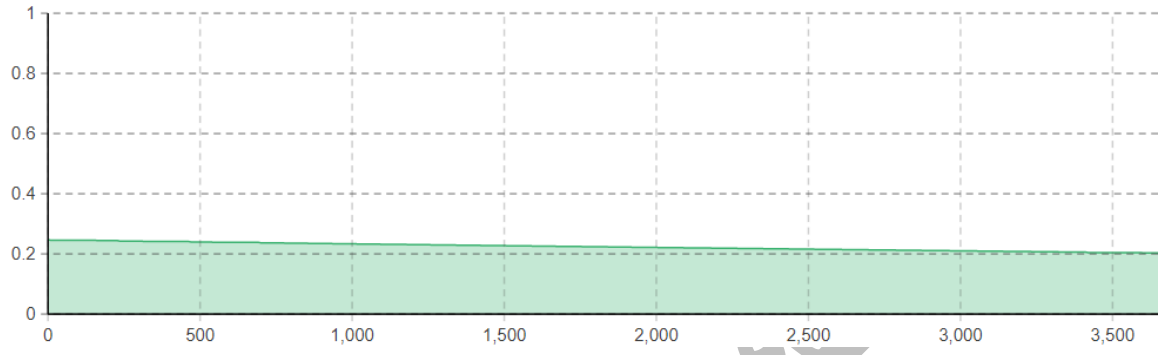
شکل ۱۰– میانگین گرایش به پیاده روی در سناریو ۱

شکل ۱۱– میزان سفرهای انجام شده در هرکدام از حالت های مختلف حمل و نقل مبتنی بر سناریو۱

سناریو ۲:

با ثابت نگه داشتن Ie (کمتر از یک طبق وضع موجود) و افزایش تراکم اشتغال (۱۹ محل اشتغال جدید در محله) مشخص شد گرایش افراد به پیاده روی (شکل ۱۲) در مقایسه با روند موجود (شکل ۷) تغییری نکرده است. اما در شروع مدل با توجه به اینکه گرایش به پیاده روی حداکثر بوده است بیشترین سفر پیاده شکل گرفته است و در ادامه با نزولی شدن گرایش به پیاده روی در میانه زمانی مدل سفر پیاده از ۸۰۰ به ٥٣٦ سفر و در زمان پایانی به ٤٥٢ سفر رسیده است (شکل ۱۳) که در مقایسه با روند موجود می‌توان گفت تراکم اشتغال

تاثیر افزایشی اندکی بر احتمال پیاده‌روی گذاشته است. این موضوع حاکی از آن است در مناطقی مانند محدوده مورد مطالعه که همجوار مرکز شهر می‌باشد با توجه به توزیع نسبتا یکنواخت برخی فعالیت ها در داخل محدوده (حتی برخی رستوران‌ها و کافه‌های معروف شهر، بیمارستان دولتی) و توزیع بیشماری از فعالیت ها در پیرامون محدوده، آن را به حدی از اشباع در جذب فعالیت‌ها رسانده است که افزایش محل های اشتغال تاثیر قابل توجهی نه در گرایش نه در احتمال پیاده‌روی افراد می‌گذارد.



شکل ۱۲– میانگین گرایش به پیاده روی در سناریو ۲

شکل ۱۳– میزان سفرهای انجام شده در هرکدام از حالت های مختلف حمل و نقل مبتنی بر سناریو۲

سناریو ۳:

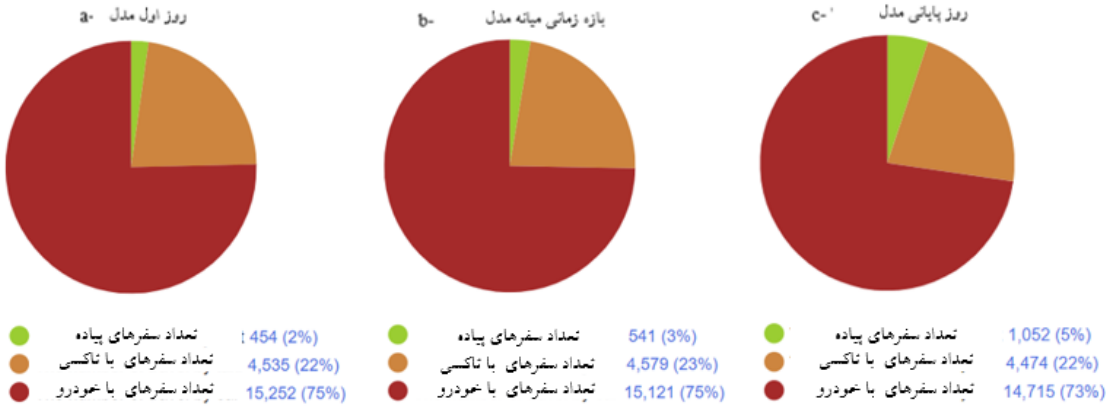
با اجرای سناریو۳ مشخص شد گرایش به پیاده‌روی افراد با حذف محل‌های اشتغال از داخل محدوده هیچ تغییری نمی‌کند و مشابه روند موجود (شکل ۷) خواهد بود اما میزان سفرهای پیاده کاهش پیدا کرده است (شکل ١٤). سفرهای پیاده در ابتدای مدل برابر با ٤٥٤ سفر بوده است که در میانه بازه زمانی مدل با بیش از ٦٠ درصد افت به ٢٨٦ سفر و در روز پایانی مدل با شیب کاهشی کمتر به ٢٧٢ سفر رسیده است. به عبارت دیگر با اجرای این سناریو این حقیقت آشکار شد که کم شدن تراکم اشتغال هیچ تاثیری بر میزان گرایش افراد

به پیاده روی ندارد و فقط بر احتمال پیاده رفتن به محل کار تاثیر گذار است. بنابراین برخلاف سناریو ۲ کاهش تراکم اشتغال تاثیر قابل توجهی بر سفرهای پیاده گذاشته است.

شکل ۱۴- میزان سفرهای انجام شده در هرکدام از حالت های مختلف حمل و نقل مبتنی بر سناریو۳

سناریو ٤:

وضعیت میانگین گرایش به پیاده‌روی در این سناریو مشابه سناریو یک (شکل ۱۵) شده است. با وجود حذف مکان‌های اشتغال در داخل محدوده اما همچنان با افزایش زیبایی و ایمنی محیط شاهد آن هستیم تعداد سفرهای پیاده از ٤٥٤ در شروع مدل به ۱۰۵۲ سفر در پایان مدل افزایش می‌یابد (شکل ١٦). با توجه به اینکه مناطق پیرامونی محدوده مملو از محل های اشتغال می باشد بنابراین با حذف محل اشتغال در داخل محدوده در این سناریو روند کاهشی سفرهای پیاده مشاهده نشده است. این موضوع نشان دهنده آن است محل های اشتغال زیادی در فاصله ای کمتر از حداکثر فاصله پیاده‌روی برای افراد منطقه قرار دارند که در صورت تغییر زیبایی و ایمنی محیط میل عمومی برای پیاده روی بیشتر خواهد شد و از این طریق احتمال پیاده روی در منطقه افزایش خواهد یافت.



شکل ۱۵- میزان سفرهای انجام شده در هرکدام از حالت های مختلف حمل و نقل مبتنی بر سناریو٤

مقایسه چهار سناریو نشان می‌دهد پیشران ترویج پیاده‌روی در محلات مرکزی شهر زیبایی و ایمنی است نه افزایش مراکز اشتغال. با توجه به این که محلات مرکزی شهر در مجاورت مراکز عمده فعالیتی قرار دارند، فرصت‌های شغلی بسیار زیاد و متنوعی در فاصله‌ای نسبتا نزدیک و قابل پیاده‌روی برای آن‌ها وجود دارد. بنابراین اضافه شدن چند واحد محل اشتغال جدید تاثیر چندانی در تصمیم ساکنین به پیاده‌روی نگذاشته است. اما در مقابل محلات مرکزی به‌دلیل قدمت بالا دارای فرسودگی قابل توجهی در دسترسی‌ها می‌باشند که منجر به کاهش کیفیت بصری و زیبایی آن‌ها می‌شود. همچنین این راه‌ها با توجه به شلوغی مرکز شهر عمدتا به عنوان راه‌های عبوری نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند که منجر به کاهش سطح ایمنی آن‌ها می‌شود. بنابراین افزایش زیبایی و ایمنی محیط کالبدی محلات مرکزی شهر می‌تواند منجر به کاهش استفاده از خودرو و افزایش پیاده‌روی و زندگی فعال شهروندان شود.

٤. بحث

یافته‌هایی که مبتنی بر روند موجود می‌باشند نشان دادند، تعاملات انسان با محیط تاثیر عمده‌ای بر گرایش افراد به پیاده‌روی دارند و در عین حال تعاملات انسان با انسان (خانواده و شبکه دوستان) تقریبا تاثیری بر گرایش افراد بر پیاده روی ندارند. مطالعات بسیاری مانند (فیلومنا و ورستجن، ۲۰۲۱؛ هانگ، کینم و باری، ۲۰۲۱) رابطه معنی‌دار محیط و گرایش افراد به پیاده‌روی را تایید می‌کنند. تا جایی که ما بررسی کردیم مطالعه‌ای که نتایجی از تاثیر تعامل انسان با انسان بر گرایش افراد با پیاده‌روی منتشر کرده باشد وجود ندارد. از این حیث این مطالعه در این زمینه نوآورانه بوده و مطلعی برای تحقیقات بیشتر آینده می‌تواند باشد.

مقایسه مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد تاثیر تراکم اشتغال بر سفرهای پیاده در مطالعات مختلف نتایجی متفاوتی با خود به همراه داشته است. مطالعه‌ای نشان داد کم یا زیاد کردن تراکم اشتغال هیچ تاثیری بر سفرهای پیاده ندارد (ژیائو و همکاران، ۲۰۲۰) یا در مطالعه حاضر مشخص شده است کم کردن تراکم اشتغال تاثیر منفی بر سفرهای پیاده می‌گذارد در حالیکه افزایش تراکم اشتغال هیچ تاثیری در سفرهای پیاده ندارد. به نظر می‌رسد در محدوده مورد مطالعه که همجوار مرکز شهر می‌باشد با توجه به توزیع نسبتا یکنواخت برخی فعالیت‌ها در داخل محدوده و توزیع بیشماری از فعالیت ها در پیرامون محدوده، آن را به حدی از اشباع در جذب فعالیت‌ها رسانده است که تعریف محل‌های اشتغال جدید تاثیر قابل توجهی نه در گرایش نه در میزان سفرهای پیاده افراد نداشته است. همچنین مطالعات بسیاری نشان دادند که هم کم و هم زیاد کردن تراکم اشتغال به‌طور مستقیم و معناداری بر سفرهای پیاده اثر گذار هستند (چنگ، گنگ و پاسول، ۲۰۰۸؛ کائو و فان، ۲۰۱۲). بنابراین به نظر می‌رسد استانداردی بین جمعیت ساکن و تراکم شاغل بایستی وجود داشته باشد که با ازدیاد تراکم

اشتغال فراتر از آن استاندارد تاثیری بر سفرهای پیاده مشاهده نمی‌شود و یا با کاهش تراکم اشتغال در یک محدوده متراکم از فعالیت‌های مختلف تا حد استاندارد نیز تاثیری بر سفرهای پیاده دیده نمی‌شود. در حقیقت این استاندارد می‌تواند آستانه‌ای از تراکم فعالیت‌ها برای طراحی یک محله پیاده‌محور را تعریف کند. تاکنون مطالعه‌ای که این آستانه را تعریف کرده باشد تا جایی که جستجوی ما نشان می‌دهد وجود ندارد بنابراین پرداختن به این مساله می‌تواند به طرز چشمگیری برنامه‌ریزی و طراحی محله‌های پیاده‌محور را در آینده متحول کند.

این مطالعه نشان داده است زیبایی و ایمنی محله بیش از تراکم اشتغال بر سفرهای پیاده تاثیر گذار است. مطالعه وانگ و کائو (۲۰۱۷) در دو شهر میناپولیس و سنت پائول ایالات متحده نشان داد افزایش تراکم اشتغال در مناطق حومه‌ای بیش از مناطق مرکزی بر سفرهای پیاده تاثیر می‌گذارد. با مقایسه نتایج این مطالعه و مطالعه حاضر می توان اینطور استنباط کرد که با توجه به قرارگیری محدوده این مطالعه در منطقه مرکزی شهر و وجود میزان بالایی از فعالیت‌های مختلف در داخل و پیرامون آن، تغییرات تراکم اشتغال به نسبت تغییر در زیبایی و ایمنی محدوده بر سفرهای پیاده تاثیرگذار نمی‌باشد.

۵. نتیجه گیری

این مطالعه بر ارزیابی نقش BE بر گرایش افراد به پیاده‌روی برای رفتن به محل کار با استفاده از ABM در یکی از محلات مرکزی شهر آمل متمرکز بوده است. برای بررسی BE سه مولفه تراکم اشتغال، زیبایی و ایمنی را در نظر گرفته شده است. یافته‌ها در دو دسته مبتنی روندهای موجود و مبتنی بر تغییر روندهای موجود تفکیک شدند.

روندهای موجود نشان دادند بازخوردهای محیطی بیش از بازخوردهای خانواده و شبکه دوستان بر گرایش افراد به پیاده‌روی موثر هستند. شاخص Ie که باز خورد زیبایی و ایمنی محیطی را نشان می‌دهد با مقدار کوچکتر از یک موجب شده میانگین گرایش به پیاده‌روی از ۰/۲۵ در ابتدای مدل به ۰/۲ در انتهای مدل برسد. همچنین مطالعه روند موجود نشان داد، با توجه به کیفیت پایین BE افرادی که وسیله نقلیه شخصی نداشته‌اند به مرور مقاومت آن‌ها برای عدم استفاده از تاکسی شکسته شده است و سهم پیاده‌روی از سفرهای روزانه در پایان زمان مدل بیشتر به نفع استفاده از تاکسی تاحدی کاهش یافته است.

یافته‌های مبتنی بر تغییر روند موجود با توجه به چهار سناریو بدست آمدند در سناریو اول مشخص شد با اضافه شدن محل‌های اشتغال جدید و افزایش شاخص Ie به بالاتر از یک مقدار گرایش به پیاده‌روی افراد به طرز چشمگیری از ۰/۲۵ به ۰/۸ در پایان مدل رسیده است. با مقایسه نتایج این سناریو با سناریو دو می‌توان دریافت که افزایش میزان گرایش افراد به پیاده‌روی تحت تاثیر افزایش اشتغال نبوده است. چراکه در سناریو دو

تراکم اشتغال مانند سناریو یک افزایش پیدا کرد و شاخص le در مقدار اولیه خود نگه داشته شد اما تغییر در گرایش افراد به پیاده‌روی مشاهده نشده است. در سناریو سوم مشخص شد کاهش تراکم اشتغال برخلاف افزایش آن تاثیر مستقیمی بر گرایش به پیاده‌روی و سفرهای پیاده می‌گذارد. وضعیت میانگین گرایش به پیاده-روی در سناریو چهارم مشابه سناریو یک شده است. با حذف مکان‌های اشتغال در داخل محدوده و افزایش زیبایی و ایمنی محیط در این سناریو شاهد آن بودیم تعداد سفرهای پیاده از ٤٥٤ در شروع مدل به ١٠٥٢ سفر در پایان مدل افزایش یافت که نتایج این سناریو تایید نهایی بود بر تاثیر بیشتر زیبایی و ایمنی محیط در مقابل تاثیر تراکم اشتغال بر گرایش افراد برای پیاده رفتن به محل کارشان.

با توجه به یافته‌های این تحقیق پیشنهادات زیر مطرح می‌باشد:

- طرح‌های توسعه پیاده‌محور برای محلات مرکزی شهر در اولویت اول به سمت بهبود کیفت ایمنی و زیبایی مسیر سوق داده شوند.
- در اولوبت بعدی افزایش تراکم اشتغال جهت نزدیک شدن فاصله محل زندگی و کار با سیاست‌هایی مانند کاربری ترکیبی پیشنهاد می‌شود.

٦. منابع

١. ربانی ابوالفضلی, غ., رهنما, م., خاکپور, ب. (١٣٩٦). ارزیابی قابلیت پیاده مداری با تاکید بر رویکرد نوشهرگرایی در بلو ار سجاد مشهد. *جغرافیا و توسعه فضای شهری, ٤*(٢), ١- ٢٤.

٢. روشنی, پ., رهنما, م., افشاری, م. (١٣٩٢). ارتقاء کیفی محلات مدرن شهری با به کارگیری رهیافت نوشهرگرایی (نمونه موردی: آزاد شهر مشهد). *جغرافیا و توسعه فضای شهری, ٠*(١), ٢٧- ٤٥.

٣. شکوهی, م., خادمی, ا., زمانی پور, م. (١٣٩٩). بررسی چالش¬های آتی توسعه پایدار محیط زیستی در کلانشهرهای ایران. *آمایش جغرافیایی فضا, ١٠*(٣٧), ١٠٧- ١٢٢.

٤. طهماسبی مقدم, ح., قاعد رحمتی, ص., شاهرخی فر, ز. (١٣٩٩). ارزیابی تطبیقی گستردگی شهری با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی طی دورهٔ زمانی ٢٠١٦-١٩٨٧ (مورد شناسی: شهرهای آمل و بابل). *جغرافیا و آمایش شهری منطقه ای, ٨*(٢٧), ١٤٦- ١٦٩.

٥. مرکز آمار ایران. (١٣٩٧). *سالنامه آماری*. تهران: دفتر ریاست، روابط عمومی و همکاری های بین الملل مرکز آمار ایران.

٦. مهندسین مشاور مازند طرح. (۱۳۹۵). *طرح جامع شهر آمل (غیر مصوب)*. ساری: مهندسین مشاور مازند طرح.

7. Alfonzo, M., Boarnet, M., Day, K., Mcmillan, T., & Anderson, C. (2008). The relationship of neighbourhood built environment features and adult parents' walking. *Journal of Urban Design, 13*(1), 29-51.
8. Allam, Z., Bibri, S. E., Chabaud, D., & Moreno, C. (2022). The '15-Minute City'concept can shape a net-zero urban future. *Humanities and Social Sciences Communications, 9*(126), 1-5.
9. Arsanjani, J. J., Helbich, M., & de Noronha Vaz, E. (2013). Spatiotemporal simulation of urban growth patterns using agent-based modeling: The case of Tehran. *Cities, 32*, 33-42.
10. Bahrainy, H., & Khosravi, H. (2013). The impact of urban design features and qualities on walkability and health in under-construction environments: The case of Hashtgerd New Town in Iran. *Cities, 31*, 17-28.
11. Cao, X., & Fan, Y. (2012). Exploring the influences of density on travel behavior using propensity score matching. *Environment and Planning B: Planning and Design, 39*(3), 459-470.
12. Chen, C., Gong, H., & Paaswell, R. (2008). Role of the built environment on mode choice decisions: additional evidence on the impact of density. *Transportation, 35*(3), 285-299.
13. de Valderrama, N. M., Luque-Valdivia, J., & Aseguinolaza-Braga, I. (2020). The 15 minutes-city, a sustainable solution for postCOVID19 cities. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales, 52*(205), 653-664.
14. Dieleman, F., & Wegener, M. (2004). Compact city and urban sprawl. *Built environment, 30*(4), 308-323.
15. Filomena, G., & Verstegen, J. (2021). Modelling the effect of landmarks on pedestrian dynamics in urban environment. *Computers, Environment and Urban Systems, 86*, 101573.
16. Filomena, G., Manley, E., & Verstegen, J. (2020). Perception of urban subdivisions in pedestrian movement simulation. *PLoS one, 15*(12), e0244099.

17. Graells-Garrido, E., Serra-Burriel, F., Rowe, F., Cucchietti, F., & Reyes, F. (2021). A city of cities: Measuring how 15-minutes urban accessibility shapes human mobility in Barcelona. *PloS one, 16*(5), 1-21.

18. Hamidi, S., Fürst, C., Nazmfar, H., Rezayan, A., & Yazdani, M. (2021). A Future Study of an Environment Driving Force (EDR): The Impacts of Urmia Lake Water-Level Fluctuations on Human Settlements. *Sustainability*, *13*(20), 11495.

19. Huang, X., Kimm, G., & Burry, M. (2021). Exploiting game development environments for responsive urban design by non-programmers-melding real-time ABM pedestrian simulation and form modelling in Unity 3D. *Proceedings of the 26th CAADRIA Conference* (p. 689_698). Hong Kong: The Chinese University of Hong Kong and Online.

20. Jiang, S. Z., Lu, W., Zong, X. F., Ruan, H. Y., & Liu, Y. (2016). Obesity and hypertension. *Experimental and therapeutic medicine*, *12*(4), 2395-2399.

21. Kopelman, P. G. (2000). Obesity as a medical problem. *Nature*, *404*(6778), 635-643.

22. Liang, L., & Gong, p. (2020). Urban and air pollution: a multi-city study of long-term effects of urban landscape patterns on air quality trends. *Scientific Reports*, *10*(1), 1-13.

23. Malik, V. S., Willett, W. C., & Hu, F. B. (2013). Global obesity: trends, risk factors and policy implications. *Nature Reviews Endocrinology*, *9*(1), 13-27.

24. Neves, C. E., Da Silva, A. R., & de Arruda, F. C. (2021). Exploring the link between built environment and walking choice in São Paulo city, Brazil. *Journal of transport geography*, *91*, 103064.

25. Satterthwaite, D. (2008). Cities' contribution to global warming: notes on the allocation of greenhouse gas emissions. *20*(2), 539-540.

26. Shiflet, A. G., & Shiflet, G. W. (2014). An introduction to agent-based modeling for undergraduates. *Procedia Computer Science*, *29*, 1392-1402.

27. The World Bank. (2010). *Urban land area.* Retrieved from https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.TOTL.UR.K2?end=2010&start=1990&view=chart

28. The World Bank. (2022). *The Global Health Cost of PM2. 5 Air Pollution: A Case for Action Beyond 2021*. Washington: The World Bank.

29. United Nations Organization. (2011). *The Millennium Development Goals Report.* Geneva: United Nations Organization.

30. Verma, S., & Hussain, M. E. (2017). Obesity and diabetes: an update. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, *11*(1), 73-79.

31. Wang, J., & Cao, X. (2017). Exploring built environment correlates of walking distance of transit egress in the Twin Cities. *Journal of transport geography*, *64*, 132-138.

32. WHO. (2015). *Fact Sheet on Physical Activity.* Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

33. WHO. (2016). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease.* Geneva: WHO press.

34. WHO. (2021). *Air quality and health.* Retrieved from https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/ambient-air-pollution#

35. Xiao, L., Yang, L., Liu, J., & Yang, H. (2020). Built environment correlates of the propensity of walking and cycling. *Sustainability*, *12*(20), 8752.

36. Yang, Y., Roux, A. V., Auchincloss, A. H., Rodriguez, D. A., & Brown, D. G. (2011). A spatial agent-based model for the simulation of adults' daily walking within a city. *American journal of preventive medicine*, *40*(3), 353-361.

37. Ye, L., Mandpe, S., & Meyer, P. B. (2005). What is "smart growth?"—Really? *Journal of Planning Literature*, *19*(3), 301-315.