صفحات ۵۵ - ۶۶
نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی ● دوره ۲۰ ● شماره ۱ ● بهار ۱۳۹۴

شاخص‌های محیط انسان ساخت و تاثیرات آن بر آلودگی هوا*

(مطالعه موردی: محدوده پیرامونی چهارده ایستگاه سنجش کیفیت هوا در شهر تهران)

اسفندیار زبردست[1]، حسین ریاضی[2]**

[1]استاد دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، ایران.
[2]دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران.
(تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۲/۱۴، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۳/۷/۱۹)

چکیده

برنامه‌ریزی و در پی آن طراحی مشخصه‌های محیط انسان ساخت، می‌تواند بر نحوه‌ی زندگی در شهرها و سلامت عمومی شهروندان مؤثر باشد، چگونگی جریان‌های حرکتی و حمل‌ونقل شهری، مصادیقی تامل‌برانگیز از این تاثیرگذاری هستند. براین اساس، هدف اصلی این مطالعه، تحلیل اثرات سنجه‌های محیط انسان‌ساخت بر کیفیت هوای شهری است. در این رابطه، شاخص‌های محیط انسان‌ساخت در زمینه کاهش اتکا به حمل و نقل موتوری و ارتقای پیاده مداری، کاهش جزایرگرایی و افزایش ریه‌های تنفسی شهر، از متون نظری استخراج و در محیط نرم‌افزار Arc Map مورد تحلیل قرار گرفت. در ادامه ارتباط شاخص‌های مذکور و میانگین غلظت سالیانه آلاینده‌های O_3 ،NO ،NO_2 ، CO و PM_{10} در سال ۱۳۸۹ بررسی گردید. براساس نتایج پژوهش، شاخص‌های محیط انسان‌ساخت با غلظت آلاینده‌های هوا دارای همبستگی هستند. براساس تحلیل فضایی مرکز-پیرامون غلظت آلاینده‌ها، غلظت آلاینده‌ها در نواحی مرکزی و غیرمرکزی شهر متفاوت است. این ارتباط در زمینه دو آلاینده O_3 و PM_{10} به خوبی مشخص است، به طوری که با فاصله از مرکز شهر، آلاینده‌ی ثانویه O_3 افزایش یافته و آلاینده‌ی اولیه PM_{10} کاهش می‌یابند. همچنین تحلیل فضایی شاخص‌های محیط انسان ساخت نشان داد که با فاصله از مرکز شهر، شاخص‌های تراکم جمعیتی، تراکم تقاطع‌ها، تراکم واحدهای خرده‌فروشی و مساحت فضاهای باز شهری کاهش می‌یابد.

واژه های کلیدی
برنامه‌ریزی شهری، سلامت عمومی، آلودگی هوا، محیط انسان ساخت، تحلیل فضایی.

* این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده دوم استخراج شده است که در سال ۱۳۹۱ به راهنمایی نگارنده اول در پردیس هنرهای زیبای دانشگاه تهران انجام شده است.
**نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۱۸۲۳۱۵۷، نمابر: ۰۲۱-۵۵۳۷۷۱۸۰، E-mail: hossein_riazy@yahoo.com .

مقدمه

در سال‌های اخیر برنامه‌ریزان شهری سعی در برقراری ارتباط قوی‌تری بین برنامه‌ریزی شهری و سلامت عمومی جوامع داشته‌اند. در این زمینه، مشکلاتی نظیر بیماری‌های گوناگون، انتشار آلاینده‌های مضر و نگرانی‌هایی در زمینه بهداشت روانی، به شکلی فزاینده روندی روبه رشد از خود نشان داده است. به همین جهت گرایش‌هایی در راستای بهبود شرایط به وسیله ایجاد تغییرات در محیط انسان ساخت مطرح شده‌اند(Forsyth, 2009, 42).

علیرغم اینکه تحلیل ساخت شهر و موضوع سلامت عمومی از سالیان دور مطرح بوده است، یک بخش مهم و حیرت‌انگیز از پازل شهری، یعنی محیط انسان‌ساخت، فارغ از محافل آکادمیک و سیاسی، مفهومی انتزاعی باقی مانده است. این امر فرصتی فراهم می‌آورد تا فراتر از موضوع ساخت شهر و مباحث خرد و بخشی نظیر نقش عوارض جاده‌ای، مسیرهای دوچرخه و توسعه‌های آپارتمانی، توجه بر موضوع جامع یعنی محیط انسان‌ساخت معطوف گردد. اصطلاح محیط انسان ساخت، همه‌ی ساختارهای کالبدی و اِلمان‌های ساخته شده به دست انسان را که ما در آن زندگی، کار، سفر و نقش ایفا می‌کنیم، دربرمی‌گیرد(Frank and Engelk, 2005, 193). همچنین محیط انسان‌ساخت در قالب مؤلفه‌هایی نظیر، زیرساخت‌های حمل و نقل، الگوهای توسعه و کاربری زمین در مقیاس کلان و ویژگی‌های طراحی شهری در مقیاس خرد تعریف می شود (Frank, Engelke, Schmid, 2003) که می‌تواند در نحوه زندگی و در پی آن سلامت عمومی شهروندان تاثیرگذار باشد.

یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیط زیستی پیش روی کلانشهرها، پدیده آلودگی هواست. آلودگی هوا از ره‌آوردهای توسعه صنعتی است که با افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی، توسعه حمل و نقل موتوری و میزان مصرف سوخت، روز به روز بر شدت آن افزوده می‌شود بطوریکه این پدیده امروزه به یکی از معضلات کلانشهرها نظیر تهران مبدل شده است. وضعیت نامطلوب هوا و فرارفتن غلظت آلاینده‌ها از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی(WHO)[1] در کلانشهرها، تهدیدی جدی برای سلامتی شهروندان به شمار می‌رود. شهر تهران، به عنوان بزرگ‌ترین و پرجمعیت‌ترین شهر کشور، به دلیل شرایط خاص جغرافیایی (توپوگرافی و هواشناسی)، اجتماعی (توزیع جمعیت و ترافیک)، فرهنگی (سطح فرهنگ و آموزش مرتبط) و توسعه شهری، دچار معضل آلودگی هواست. امروزه بخش عظیمی از معضل آلودگی هوای شهر تهران مربوط به تردد اتومبیل‌ها و منابع متحرک می‌شود (سهم منابع متحرک در آلودگی هوای شهر تهران بیش از ۷۰ درصد است) (شرکت کنترل کیفیت هوا، ۱۳۹۰، ۱۲). بنابراین می‌بایست در پی راه حل‌هایی در جهت اصلاح ساختارهای شهری بود که از طرفی وابستگی شهرها به اتومبیل را کاهش داده و از طرف دیگر منجر به بهبود کیفیت هوای شهری گردد. تحلیل مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت شهری در راستای بهبود کیفیت هوای شهری و کاهش آسیب‌های ناشی از آن را می توان در قالب سیاست‌های زیر بررسی نمود: راهکارهای کاهش تولید آلاینده‌های هوا، تقویت جریان‌های هوا، بهبود و تلطیف آلودگی هوای موجود و در امان نگه داشتن کاربری‌های حساس از مجاورت با منابع آلاینده. در این زمینه مقاله حاضر سعی دارد به ارتباط بین مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت و میزان غلظت آلاینده‌های هوا و تحلیل نقش آنها در محدوده‌های مطالعاتی در شهر تهران بپردازد. بدین منظور ابتدا نظریات و تجربیات مرتبط در زمینه مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت و پدیده آلودگی هوا بررسی و براین اساس، شاخص‌های محیط انسان- ساخت تدوین شده است. در ادامه پس از معرفی نواحی مورد مطالعه، با استفاده از مدل تحلیل رگرسیونی و تحلیل عاملی، میزان ارتباط شاخص‌های مذکور و آلودگی هوا در شهر تهران مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در انتها نیز بوسیله تحلیل فضایی مرکز-پیرامون، تغییرات شاخص‌های محیط انسان‌ساخت شهری و غلظت‌آلاینده‌ها با فاصله از ناحیه مرکزی شهر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱- چارچوب نظری و مطالعات جهانی

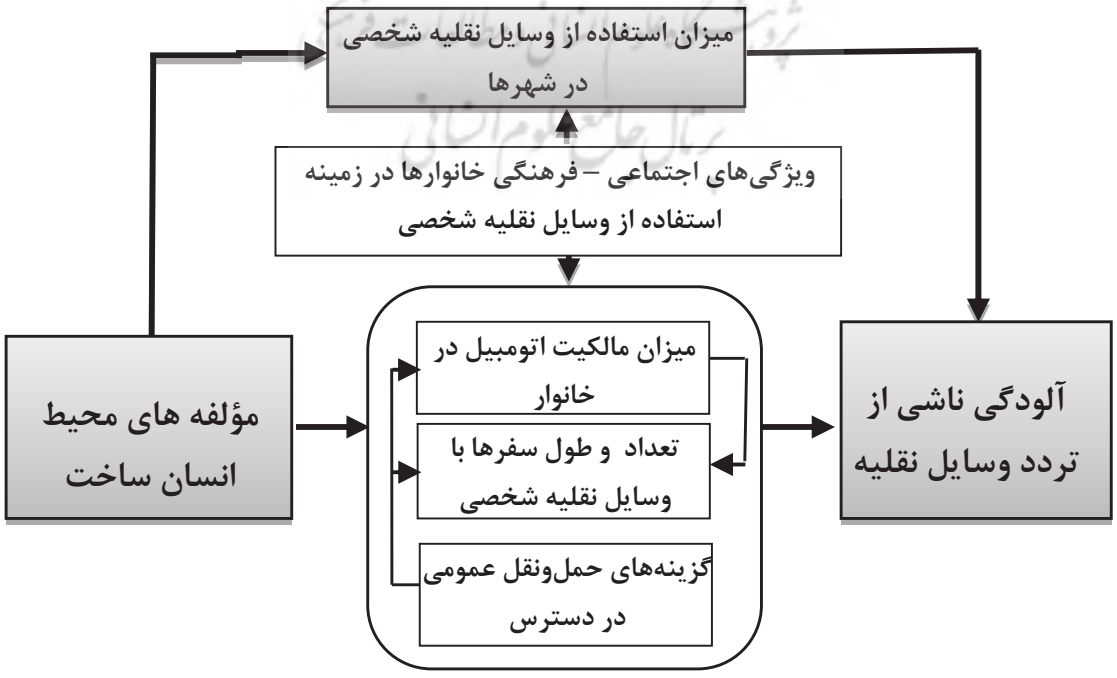
۲-۱- مشخصه‌های محیط انسان ساخت و نظریات متاخر شهرسازی

با رشد تکنولوژی و مدرنیزه شدن شیوه زندگی جوامع و رشد و گسترش بیش‌ازپیش شهرنشینی و بروزناهنجاری‌های حاصل از این سبک از زندگی، برنامه‌ریزان شهری به مطالعه و بیان نظریات خود در رابطه با ساخت پایدار شهری که تاحدی مشکلات نسل کنونی بشر نظیر سلامت عمومی، مصرف بهینه انرژی و سایر موضوعات از این دست را برطرف سازد، رهنمون شدند. در تعریفی ساده، پایداری، به معنای گذران زندگی از راه‌هایی است که بر زندگی دیگران تأثیر سوء نگذارد و در واقع بهبود جهانی که همه ما در آن زندگی می‌کنیم و فرزندانمان آن را به ارث خواهند برد (موتین، ۱۳۸۶، ۵۲). در این زمینه و با توجه به اهداف ذکرشده، نظریات متأخر شهری مطرح و به تدریج در نواحی مختلف جهان به بوته آزمایش گذاشته شدند. البته نبایستی از نظر دور داشت که نظریات مطرح شده در باب دستیابی نسبی به توسعه پایدار شهری، با توجه به تفاوت ماهیت مسائل و معضلات شهرها در نواحی مختلف جهان و با توجه به خواست‌های

فرهنگ هر جامعه مطرح گردیده‌اند، اگرچه در زمینه برخی اهداف نیز می‌توانند دیدگاهی جهان شمول داشته باشند ولی در زمینه استراتژی های دستیابی به اهداف متفاوت هستند. یکی از ابعاد اصلی در رابطه با ساخت کالبدی شهر پایدار، مسئله حمل‌ونقل پایدار از دیدگاه اجتماعی، زیست‌محیطی، اقتصادی و سلامت عمومی است(Ewing and Cervero, 2001; Frank and Pivo, 1994). در این زمینه، تأثیر چشم‌گیر محیط انسان‌ساخت در ویژگی‌های سفرهای شهری و نحوه استفاده از گزینه‌های حمل‌ونقل امری اثبات شده است(Frank et al, 2000; Cervero and kockelman, 1997; Kenworthy, 2006). چگونگی محیط انسان‌ساخت و توجه به مشخصه‌های طراحی و برنامه‌ریزی شهری در بهره‌گیری از سفرهای پیاده و دوچرخه و به طور کلی گونه‌های حمل‌ونقل متکی بر فعالیت بدنی(که از آن به عنوان حمل‌ونقل توأم با فعالیت[۲] نام برده می‌شود)، تأثیرگذار است. همچنین الگوهای کاربری زمین مرتبط با حمل‌ونقل توأم با فعالیت در راستای موفقیت حمل‌ونقل عمومی نیز ضروری بوده و استفاده از حمل‌ونقل عمومی با سطح بالای پیاده‌روی سازگار است(Frank et al, 2003 Cited in Sallis, 2003, 263).

از رویکردهای مطرح شده در این راستا می‌توان به رویکرد توسعه حمل‌ونقل محور اشاره نمود، که اغلب به توسعه‌های با تراکم بالا در محدوده پیاده از ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی اطلاق می‌گردد که شامل کاربری‌های مختلط نظیر کاربری‌های مسکونی، تجاری، فروشگاه‌ها، رستوران‌ها و مراکز تفریحی می‌شود. به منظور دستیابی بهتر به اهداف این نوع از توسعه، می‌بایستی توسعه‌ی حمل‌ونقل محور در مقیاس‌های گوناگون مورد توجه قرار گیرد، از محلات مسکونی کم تراکم با دسترسی به حمل‌ونقل عمومی برای سفرهای کاری تا تراکم‌های بالا در مرکز شهر با ترکیب کاربری‌های مسکونی، اداری، خرده‌فروشی و تفریحی (EPA, LISC and Sonoran Institute, 2006, 10). در همین رابطه ایده محدوده‌های پیاده[۳] در دهه ۱۹۸۹ توسط کلتورپ مطرح شد. این ایده، محدوده‌های پیاده‌روی را در شعاع‌های مشخص(۴۰۰ متری) به منظور تشویق افراد به پیاده‌روی و یا دوچرخه‌سواری مطرح می‌کند. این محدوده‌ها برای سهولت سفرهای پیاده (جایگزین اتومبیل شخصی) طراحی شده، بنابراین می‌بایستی در فاصله مناسب به منظور دسترسی پیاده ساخته شوند. این ایده، پیوند مستحکمی با نظریات باغ‌شهر، توسعه حمل‌ونقل محور و نوشهرسازی دارد(Calthorpe, 1989, 146).

شهرهای فشرده و حمل و نقل عمومی در کاهش میزان مایل سفرهایی که به وسیله اتومبیل انجام می‌شود و در نتیجه کاهش انتشار آلاینده‌ها مؤثر بوده و به همین سبب برنامه‌ریزان شهری در راستای بهبود کیفیت هوا، به توسعه‌های متراکم شهری گرایش بیشتری دارند. اوینگ (۲۰۰۸)، بر اساس متون برنامه‌ریزی شهری به این نتیجه رسید که شهرهای فشرده، به معنای ترکیبی از افزایش تراکم، توسعه میان افزا، کاربری‌های مختلط و توسعه حمل‌ونقل عمومی هماهنگ با کاربری زمین، می‌تواند ۲۰ تا ۴۰ درصد مایل سفر وسایل نقلیه را در نسبت با توسعه‌های پراکنده کاهش دهد(Ewing et al, 2008). همچنین براساس مطالعه‌ای که توسط مثنوی بر روی محدوده‌هایی از شهرهای گلاسکو و شهر جدید ایست کیلبرید در انگلستان انجام گرفت، مشخص گردید که شهر متراکم می‌تواند موجب کاهش استفاده از خودروهای شخصی تا ۷۰٪ و همچنین کاهش مسافت طی‌شده تا ۷۵٪ گردد (Masnavi, 2000، به نقل از ویلیامز و همکاران، ۱۳۸۳، ۷۴)(نمودار۱).



نمودار۱- مدل مفهومی ارتباط مؤلفه‌های محیط انسان ساخت با میزان استفاده از وسایل نقلیه شخصی و آلودگی هوا.

در رابطه با گزینه‌های دیگر حمل و نقل، توجه اصلی بر روی سفرهای پیاده و دوچرخه، به عنوان سفر توأم با فعالیت است. سفر توأم با فعالیت، اشاره به رویکردی از سفر و حمل و نقل دارد که بر روی فعالیت‌های بدنی تمرکز و نقطه مقابل سفرهایی است که با وسایل نقلیه موتوری و وابسته به کربن انجام می‌شود. سفر توأم با فعالیت برای رسیدن به محل کار، مدرسه، دوستان، مغازه‌ها و غیره، به دلیل در ارتباط بودن با فعالیت بدنی روزانه افراد و کاهش سفرهای وابسته به خودرو و در پی آن کاهش آلودگی هوا، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ویژگی‌های محیط انسان‌ساخت می‌تواند نقشی تعیین‌کننده در تشویق افراد به فعالیت‌های بدنی نظیر پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری ایفا نماید، سفر توأم با فعالیت، علاوه بر افزایش سطح فعالیت‌های بدنی در اجتماعات، در کیفیت‌های محیطی و سودمندی‌های اجتماعی نیز مؤثر است.

برخی مطالعات انجام شده در زمینه مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت و کیفیت هوای شهری، در جدول۱ ارائه شده است. نتایج حاصل از مطالعات مشابه در زمینه شناخت متغیرهای محیط انسان‌ساخت که می‌توانند شهروندان را به استفاده کمتر از اتومبیل و بهره‌گیری بیشتر از سفرهای توام با فعالیت و حمل و نقل عمومی تشویق نمایند و در پی آن میزان انتشارات مواد آلاینده را در هوا کاهش دهند و همچنین چگونگی تاثیر احتمالی این عوامل بر کاهش انتشار مواد آلاینده، حائز اهمیت هستند.

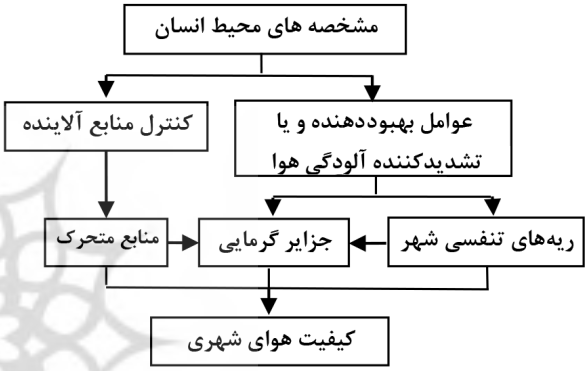
براین اساس، نتایج مطالعات بیانگر تاثیر احتمالی مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت نظیر الگوهای فشرده شهری با تراکم مسکونی بالاتر در برابر توسعه‌های پراکنده با تراکم‌های مسکونی پایین‌تر، تراکم اشتغال، کیفیت ارتباطات، ویژگی‌های محلات پیاده‌مدار و توسعه‌های حمل و نقل محور در برابر توسعه‌های متکی بر اتومبیل،

جدول۱- مروری بر مطالعات انجام شده در رابطه با مشخصه های محیط انسان ساخت و کیفیت هوا.

محل‌های مورد مطالعه	یافته‌ها
آتن(مطالعه شده در خلال بازی‌های المپیک ۱۹۹۶ آتن)	در زمینه ارتباط ترافیک وسایل نقلیه موتوری و غلظت ازن مشاهده گردید که میزان ازن با عبور از زمان پیک ترافیک، کاهش می‌یابد و در پی آن مراجعات مربوط به آسم نیز در بیمارستان‌ها با کاهش روبه رو بوده است(Friedman et al, 2001).
سه شهر فرضی با ساختار شهری متفاوت و جمعیت یکسان	در ارتباط با میزان انتشارات NO_X و O_3 و سه الگوی شهری خطی، فشرده و پراکنده، نتایج نشان داد که، شهر خطی بیشترین و شهر پراکنده کمترین میزان انتشارات را در واحد سطح داشته و شهر فشرده کمترین میزان انتشارات را به ازای ساکنین خود داشته است و به طور کلی شهرهای فشرده با کاربری‌های مختلط کیفیت هوای بهتری را در نسبت با شهرهای پراکنده و خطی ایجاد می‌کنند (Borrego et al, 2005).
۸۰ ناحیه شهری در ایالات متحده	با مقایسه‌ی میزان قرار داشتن در معرض آلودگی هوای محلی، در نواحی فشرده و پراکنده، مشخص گردید که غلظت ازن در نواحی فشرده به شکل معناداری پایین‌تر اما میزان قرارگیری در معرض آلودگی ازن در این نواحی بیشتر است، غلظت ذرات معلق همبستگی معناداری با نواحی فشرده نداشته اما میزان قرارگیری در معرض آلودگی ذرات معلق نیز در نواحی فشرده بیشتر است. همچنین مشاهده گردید که قرارگیری در معرض هر دو آلاینده در نواحی که نسبت شهروندان آفریقایی-امریکایی و اقلیت‌های آسیایی و اقشار فرودست بالاست، بیشتر است (Schweitzer and Zhou, 2010).
ملبورن، استرالیا	بر اساس مطالعه‌ای که در رابطه با توسعه شهری ملبورن در افق سال ۲۰۱۱ براساس شش سناریو توسعه، شامل توسعه پراکنده، فشرده، توسعه در امتداد کریدرها، چندهسته‌ای، حاشیه‌ای و توسعه شعاعی انجام گرفت، این نتایج حاصل گردید: در رابطه با ذرات معلق، ساختار شهری فشرده بیشترین میزان و فرم حاشیه ای کم‌ترین میزان، در رابطه با آلاینده کربن دی اکسید شهر پراکنده بیشترین میزان و شهر فشرده کمترین میزان قرارگیری در معرض آلاینده‌ها را در توسعه آتی (افق سال ۲۰۱۱) شهر ملبورن دارا هستند (Manins and et al, 1998).
ناحیه شهری آتلانتا، ایالات متحده	براساس نتایج حاصل این مطالعه که در رابطه با میزان همبستگی مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت با سفرهای توأم با فعالیت و در نهایت کاهش انتشار کربن انجام گرفته است، مشخص گردید که متغیرهای طراحی محلات نظیر، تراکم خالص مسکونی و تراکم تقاطع‌ها به شکل معنادار و مثبتی با انرژی صرف شده توسط پیاده‌روی داشته و ارتباط معنادار و معکوس با سفرهای وابسته به اتومبیل دارد. همچنین اختلاط کاربری‌ها، ارتباط معکوس و معناداری با کاهش انرژی در هر دو بخش را نشان داد. که این امر نشان‌دهنده کوتاه شدن مسیرها در اجتماعات با سطح گسترده‌ای از اختلاط کاربری را نشان می‌دهد(Frank et al, 2010).
ناحیه شهری آتلانتا، ایالات متحده	در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۷ انجام گرفت، مشخص گردید که افرادی که در محلات پیاده‌مدار زندگی می‌کنند، بیشترین میزان پیاده‌روی برابر ۳۳,۹ درصد و روزانه به طور متوسط ۲۵,۸ مایل رانندگی می‌کنند. این در حالی است که در محلات متکی بر اتومبیل، افراد ۴۳ مایل در روز رانندگی کرده و کمترین میزان پیاده‌روی را معادل ۳,۳ درصد دارا می‌باشند(Frank et al, 2007).
ناحیه شهری پوگت سوند، کانادا	نتایج مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۰ در ارتباط با شاخص‌های محیط انسان ساخت شهری شامل، تراکم مسکونی، تراکم اشتغال، ارتباطات شبکه راه‌ها و فاصله محل زندگی و کار و میزان انتشار آلاینده‌های VOC ،NO_X ،CO انجام گرفت، ارتباط معناداری بین شاخص‌های محیط انسان ساخت و میزان انتشارات وسایل نقلیه حاصل گردید. همچنین مشخص گردید که با افزایش تراکم مسکونی و اشتغال و ارتقای ارتباطات شبکه راه‌ها و کاهش فاصله محل زندگی و کار، میزان انتشار آلاینده‌ها به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد(Frank, Stone and Bachman, 2000).
بخشی از شهر پرت در استرالیا	در مطالعه‌ای، پرفسور سرورو (Cervero, 2011) و همکارانش، ۲ سناریو فرضی در زمینه توسعه آتی محدوده‌ای از شهر، در راستای وضع موجود (متکی بر اتومبیل) و توسعه‌ی حمل‌ونقل محور را مورد آزمایش قرار دادند. مطالعات در راستای مقایسه میزان کیلومتر سفر وسایل نقلیه و انتشار میزان CO_2 انجام گرفت و نتایج بدست آمده حاکی از کاهش تولید ۲۵۸ هزار کیلوگرم CO_2 در روز بر اساس سناریو پیشنهادی است (Tiwari, Cervero and Lee, 2011).

در میزان انتشار مواد آلاینده هستند. با توجه به مرور متون نظری و مطالعات جهانی و نتایج حاصل از آنها، مدل مفهومی پژوهش ارائه و شاخص‌های محیط انسان‌ساخت در ارتباط با تقویت پیاده‌مداری و سفرهای توام با فعالیت و کاهش جزایر گرمایی و افزایش ریه‌های تنفسی شهر در ادامه معرفی می‌گردد.

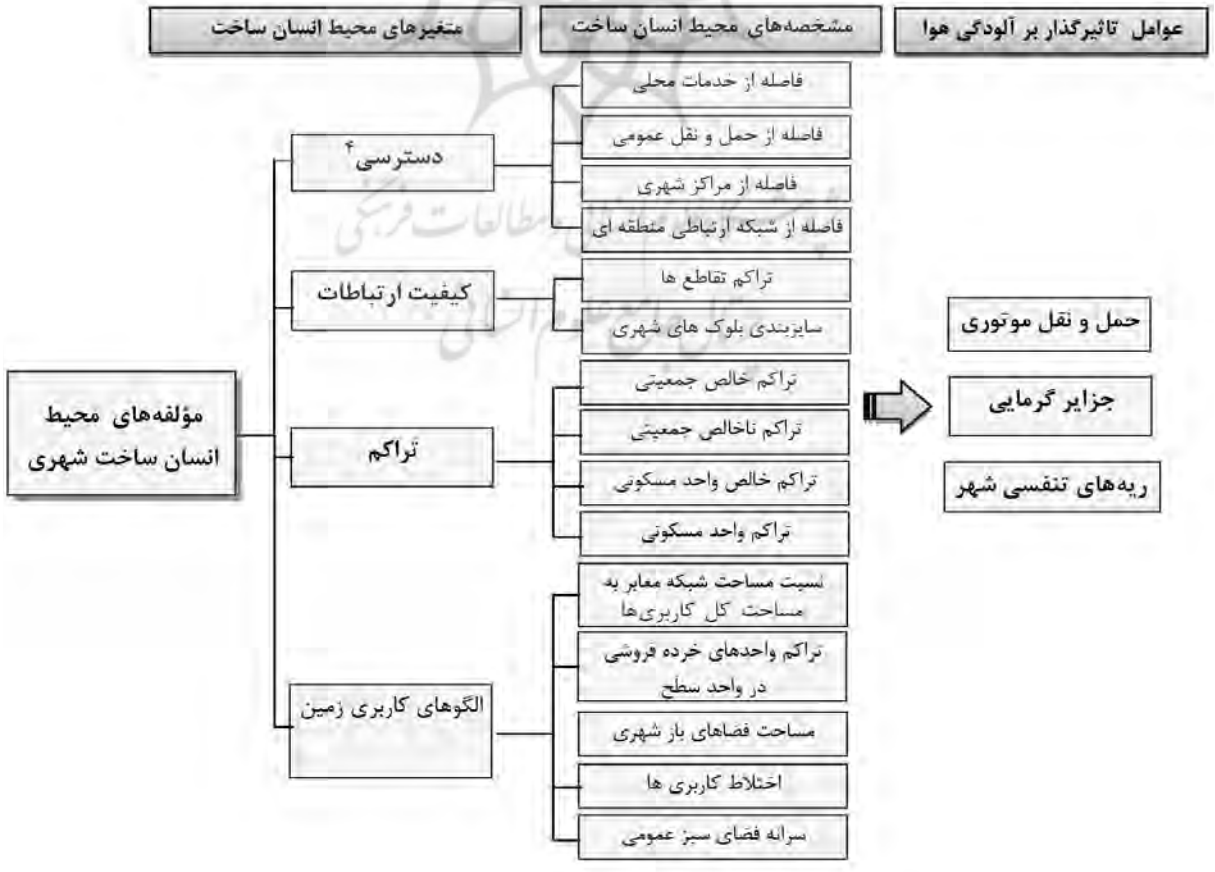
در مطالعه حاضر ارتباط محیط انسان‌ساخت و کیفیت هوای شهری از دو بعد مورد تحلیل قرار گرفته است، ابتدا به شکلی غیرمستقیم در ارتباط با کنترل تولید آلاینده‌ها از طریق بخش حمل‌ونقل و سپس در ارتباط با بهبود و یا تشدید آلودگی از طریق ریه‌های تنفسی شهر و ممانعت از شکل‌گیری جزایر گرمایی. در این پژوهش، ارتباط کمّی محیط انسان ساخت شهری و آلودگی هوا به وسیله عوامل میانجی حمل‌ونقل، ریه‌های تنفسی و جزایر گرمایی حاصل گردیده است. این عوامل از طریق مشخصه‌های محیط انسان ساخت شهری تبیین شده و ارتباط این شاخص‌ها به عنوان عوامل ساخت محیطی با غلظت آلاینده‌های O_3، NO، NO_2، CO و PM_{10} به عنوان عوامل تعیین‌کننده آلودگی هوا مورد تحلیل قرار می‌گیرند. نمودار ۲، مدل مفهومی مطالعه را نشان می‌دهد.



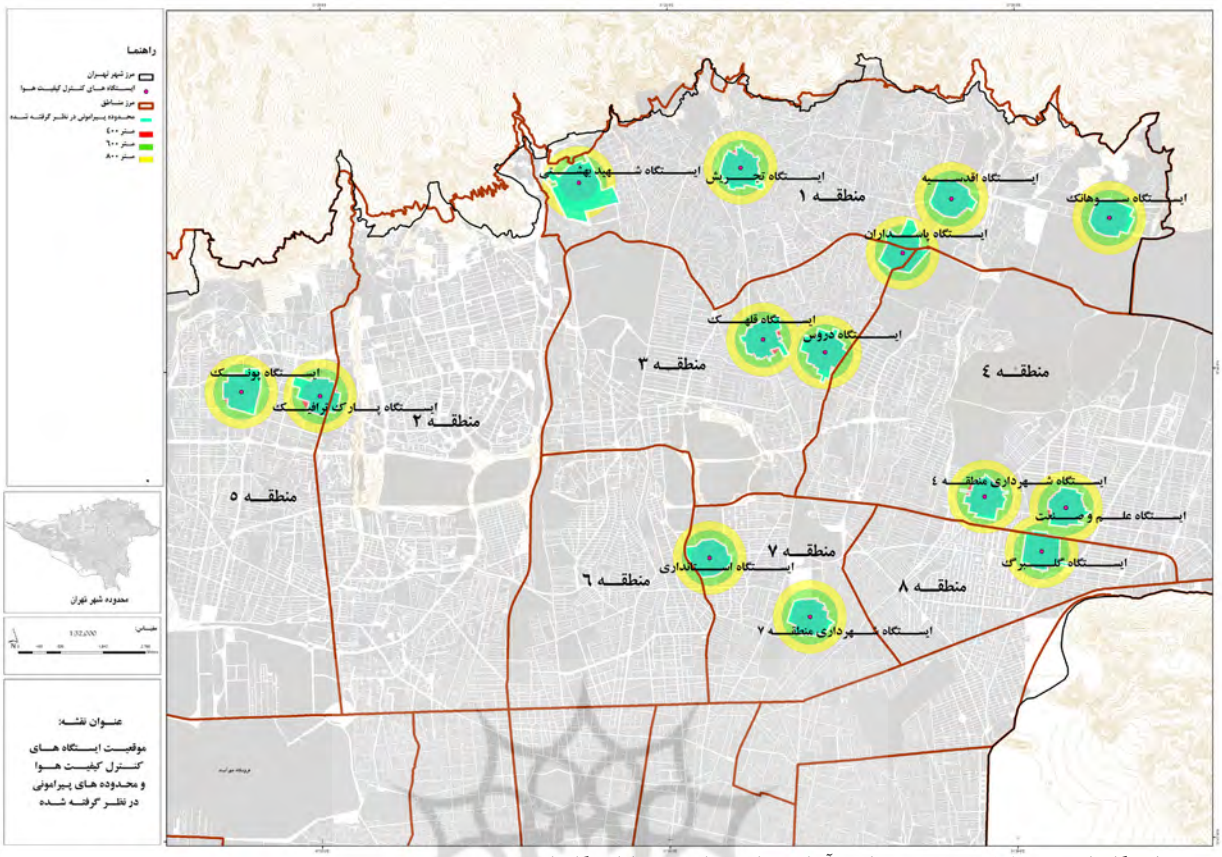
نمودار ۲- مدل مفهومی پژوهش.

۲- متغیرهای محیط انسان‌ساخت در ارتباط با بهبود کیفیت هوای شهری

همانطور که اشاره شد محیط انسان‌ساخت می‌تواند به شکل مستقیم و غیرمستقیم در کاهش آلودگی هوا تاثیرگذار باشد. از مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت می‌توان به عنوان یکی از عوامل مهم در تشویق افراد به سبک پایدارتر زندگی در کلانشهرهای امروزی نام برد. افزایش سفرهای توام با فعالیت، به شکل پیاده و دوچرخه در سطوح محلی و فرا محلی و ترکیب مطلوب آنها با سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی، حمل‌ونقل پاک شهری را تقویت کرده و عواملی نظیر تراکم، طراحی محیط‌های شهری، فاصله از سیستم‌های حمل و نقل عمومی، الگوهای فضایی مراکز اصلی شهر و الگوهای کاربری زمین در کنار سایر عوامل تاثیرگذار، در موفقیت یک سیستم حمل و نقل پاک شهری حائز اهمیت هستند. از طرف دیگر، توجه به فضاهای باز و سبز شهری به عنوان ریه‌های تنفسی شهر نیز در کاهش آلودگی هوا بسیار حائز اهمیت است (نمودار۳).



نمودار۳- مؤلفه‌های محیط انسان ساخت شهری در ارتباط با الودگی هوا.



نقشه۱- ایستگاه‌های سنجش کیفیت و محدوده پیرامونی آنها در شعاع ۴۰۰ تا ۸۰۰ متری از ایستگاه‌ها.

۳- نواحی مورد مطالعه

شهر تهران از سه جهت توسط ارتفاعات احاطه شده که عبارتند از: شمیران از شمال، کرج از غرب و دماوند از شرق که تنها در سمت جنوب باز بوده و از شیب ملایمی برخوردار است (مطالعات محیط زیست طرح جامع تهران، ۱۳۸۴، ۶۷). این مسئله منجر به پایداری و انباشت مواد آلاینده در جو شده و پدیده وارونگی هوا را تشدید می‌کند. بدین منظور شهر تهران براساس استانداردهای جهانی در بسیاری از روزهای سال دارای کیفیت هوای ناسالم است.

بدین منظور محدوده پیرامونی چهارده ایستگاه سنجش کیفیت هوا در سطح شهر تهران به شعاع ۴۰۰-۸۰۰ متری، به منظور بررسی میزان غلظت آلاینده‌های NO، NO_2، CO، O_3 و PM_{10} و شاخص‌های محیط انسان ساخت شهری انتخاب گردید. ایستگاه‌های موردنظر در ۶ منطقه از مناطق ۲۲گانه شهرداری قرار گرفته‌اند که شامل ایستگاه‌های پونک در محله کوی شاهین، استانداری در محله عباس‌آباد و نیلوفر، گلبرگ در محله نارمک و دردشت، دروس در محله دروس، شهرداری منطقه ۷ در محله شیخ‌صفی و حشمتیه، شهرداری منطقه ٤ در محله کوی کالاد و شمیران نو و اقدسیه در محله اقدسیه و نوبنیاد، از ایستگاه‌های تحت نظارت شرکت کنترل کیفیت هوای تهران و ایستگاه‌های پارک ترافیک در محله پونک شمالی، قلهک در محله قلهک، شهید بهشتی در محله دانشگاه، پاسداران در محله اختیاریه، سوهانک در محله سوهانک، علم‌وصنعت در محله کوی کولاد و تهرانپارس و تجریش در محله تجریش، از ایستگاه‌های تحت نظارت سازمان محیط زیست تهران، می‌شوند.

به دلیل تفاوت در عوامل جغرافیایی (تاثیرگذار در کیفیت هوا) در نیمه شمالی و جنوبی شهر تهران، تمامی ایستگاه‌ها از نیمه شمالی شهر انتخاب شدند، با توجه به اینکه در این مطالعه به تاثیر بخش صنعت در آلودگی هوا پرداخته نمی‌شود، ایستگاه‌ها در محدوده‌های صنعتی شهر واقع نشده‌اند، ایستگاه‌های انتخاب شده در پیرامون خود دارای بافت محله‌ای بوده و از نظر الگوهای محیط انسان‌ساخت شهری نیز با یکدیگر متفاوت هستند، همچنین سعی گردید تا ایستگاه‌ها با فاصله از مراکز شهری انتخاب شوند تا در میزان سفرپذیری از بیرون محدوده اختلاف زیادی نداشته و علاوه بر آن تحلیل فضایی مرکز- پیرامون در رابطه با متغیرهای مورد مطالعه نیز میسر گردد(نقشه۱).

۴- روش انجام مطالعه

پس از استخراج مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت مرتبط با کیفیت هوای شهری از متون نظری، میزان کمی هر شاخص برای هر محدوده محاسبه و یا تخمین زده شد. بدین منظور از اطلاعات بلوک آماری تهیه شده توسط سازمان آمار و سرشماری

جدول ۲- تعریف مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت در ارتباط با کیفیت هوای شهری.

مشخصه‌های محیط انسان-ساخت در ارتباط با کیفیت هوای شهری	تعریف	نحوه محاسبه	اطلاعات بکاررفته
فاصله از خدمات محلی	فاصله از مراکزخدمات محلی در محدوده ۴۰۰ متری از ایستگاه‌ها	میانگین فاصله هر بلوک از مراکز خدمات شهری در داخل محدوده ۴۰۰ متری	اطلاعات بلوک آماری و کاربری زمین
فاصله از گزینه‌های حمل ونقل عمومی	فاصله از نزدیک‌ترین ایستگاه حمل و نقل عمومی	فاصله از نزدیک‌ترین ایستگاه مترو به متر(کمتر از ۲۰۰۰ متر)	نقشه ایستگاه‌های مترو
فاصله از مراکز شهری	فاصله از مراکز شهری	میانگین فاصله هر محدوده از مراکز شهری (مشخص شده در طرح جامع شهر تهران ۱۳۸۵)	اطلاعات مراکز شهری
فاصله از شبکه راه‌ها	فاصله از شریان‌های اصلی	فاصله از نزدیک‌ترین راه‌های اصلی شامل بزرگراه‌ها و یا اتوبان‌های شهری	اطلاعات شریان‌های اصلی
تراکم تقاطع‌ها	تعداد تقاطع‌ها در واحد سطح	از تقسیم تعداد تقاطع‌های غیر بن بست بر مساحت محدوده به هکتار	اطلاعات شبکه معابر و بلوک‌های آماری
سایزبندی بلوک‌های شهری	مساحت بلوک‌های شهری	میانگین مساحت بلوک‌های شهری در محدوده	اطلاعات بلوک‌های آماری
تراکم جمعیتی	تعداد جمعیت در هرهکتار از مساحت کل شهر	تعداد جمعیت تقسیم بر مساحت کل محدوده در واحد هکتار	اطلاعات بلوک‌های آماری
تراکم خالص جمعیتی	تعداد جمعیت در هرهکتار از مساحت مسکونی شهر	تعداد جمعیت تقسیم بر مساحت کاربری‌های مسکونی در واحد هکتار	اطلاعات بلوک‌های آماری
تراکم واحد مسکونی	تعداد واحد مسکونی در هرهکتار از مساحت کل شهر	تعداد واحدهای مسکونی تقسیم بر مساحت کل محدوده در واحد هکتار	اطلاعات بلوک‌های آماری
تراکم خالص واحد مسکونی	تعداد واحد مسکونی در هرهکتار از مساحت مسکونی شهر	تعداد واحدهای مسکونی تقسیم بر مساحت کل واحدها مسکونی درواحد هکتار	اطلاعات بلوک‌های آماری
مساحت نسبی کاربری شبکه معابر شهری	نسبت مساحت کاربری شبکه معابر به کل مساحت کاربری‌ها	مساحت کاربری شبکه معابر تقسیم بر کل مساحت محدوده به هکتار	نقشه شبکه معابر شهری و کاربری زمین
تراکم واحدهای خرده‌فروشی	تعداد واحدهای خرده فروشی در واحد سطح	تعداد واحدهای کسب تقسیم بر مساحت محدوده در واحد هکتار	اطلاعات بلوک‌های آماری
مساحت فضاهای باز شهری	مساحت فضاهای باز و سبز شهری	مساحت کلیه فضاهای ساخته نشده نظیر فضاهای سبز، راه‌ها، اراضی بایر	نقشه کاربری زمین
اختلاط کاربری‌ها	هم‌ترازی توزیع مساحت کاربری های مسکونی، اداری و تجاری در محدوده مورد نظر	اختلاط کاربری‌ها[5] = $-\sum_{i=1}^{n}(pi \times \ln pi)/\ln n$ $\sum_{i=1}^{n}(pi \times \ln pi)/\ln n$	نقشه کاربری زمین
سرانه فضای سبز عمومی	میزان فضای سبزی که به هر فرد ساکن در محدوده مورد نظر تعلق می‌گیرد	تقسیم مساحت فضای سبز و تعداد جمعیت	نقشه کاربری زمین

کشور در سال ۱۳۸۵ و اطلاعات طرح جامع شهر تهران در سال ۱۳۸۵ تهیه شده توسط شرکت بوم‌سازگان استفاده گردید. همچنین متغیرهای سنجش میزان آلودگی هوا بوسیله محاسبه میانگین غلظت سالیانه آلاینده‌های هوا در سال ۱۳۸۹ محاسبه گردید. بدین منظور از اطلاعات شرکت کنترل کیفیت هوای تهران و سازمان محیط زیست تهران استفاده شد.

میزان کمّی مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت در ارتباط با کیفیت هوا، از روابط بالا و در نرم‌افزار Arc Map محاسبه شد و میزان ارتباط آنها با میانگین غلظت سالیانه آلاینده‌های هوا با استفاده از تحلیل عاملی، تحلیل رگرسیونی و روش همبستگی پیرسون مورد سنجش قرار گرفت که در ادامه بیان شده است.

۵- تحلیل اطلاعات

۵-۱- بررسی شاخص‌های محیط انسان‌ساخت و آلودگی هوا در محدوده‌های مطالعاتی

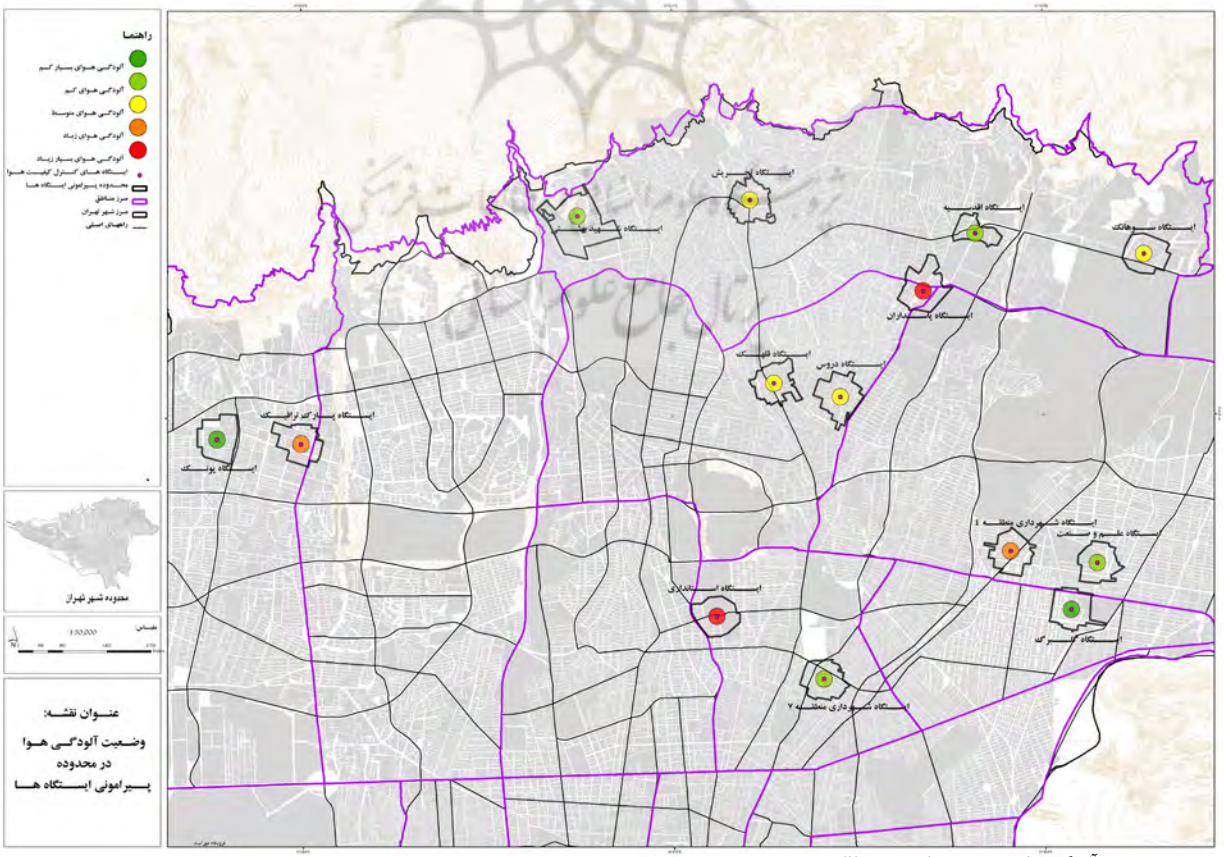
به منظور تحلیل ارتباط بین مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت و میزان غلظت آلاینده‌های هوا، مقادیر کمّی مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت و میانگین غلظت سالیانه هریک از آلاینده‌ها درمحدوده‌های مورد مطالعه محاسبه گردید. نتایج مقایسه میزان کمّی مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت در محدوده‌های مورد بررسی بدین ترتیب حاصل گردید: محدوده اقدسیه دارای کمترین و محدوده‌های شهرداری منطقه ۴ و ۷ دارای بیشترین

تراکم ناخالص جمعیت هستند اما در رابطه با تراکم خالص محدوده دروس کمترین و شهرداری منطقه ۷ و ۴ و گلبرگ دارای بیشترین میزان هستند. از نظر فاصله از راه‌های اصلی (فاصله از بزرگراه‌ها و اتوبان‌های شهری)، محدوده قلهک، استانداری و پاسداران کمترین فاصله و محدوده شهید بهشتی بیشترین فاصله را دارا است. در رابطه با فاصله از ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، محدوده‌های قلهک، استانداری و گلبرگ دارای فاصله مطلوب پیاده و محدوده‌های پونک، پارک ترافیک، شهید بهشتی، سوهانک، اقدسیه و پاسداران فاقد دسترسی به ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی هستند (در بررسی فاصله محدوده‌ها از ایستگاه‌های حمل و نقل، ملاک عمل سال ۱۳۸۹ بوده است). بیشترین تراکم تقاطع‌ها در محدوده شهرداری منطقه ۴ و ۷ و کم‌ترین آن در محدوده اقدسیه است. بیشترین میانگین مساحت بلوک‌ها در محدوده استانداری و اقدسیه و کمترین میانگین مساحت بلوک‌ها در منطقه ۴، ۷ و گلبرگ مشاهده گردید. محدوده شهید بهشتی، سوهانک، شهرداری منطقه ۴ و پونک، دارای کمترین اختلاط کاربری و محدوده پارک ترافیک، دارای بیشترین میزان اختلاط کاربری‌های مسکونی، تجاری و اداری است. محدوده‌های پیرامونی نظیر سوهانک، شهید بهشتی، پونک و اقدسیه دارای بیشترین و محدوده‌های مرکزی نظیر شهرداری منطقه ۷، دارای کمترین فضای باز هستند. همچنین نسبت مساحت شبکه معابر به کل سطح در محدوده شهید بهشتی، پارک ترافیک و پاسداران، بیشترین میزان و استانداری کمترین میزان را داراست. از نظر سرانه فضای سبز عمومی، بیشترین میزان در محدوده اقدسیه و پونک و کمترین میزان در شهرداری منطقه ۷ و دروس مشاهده گردید. از لحاظ مساحت فضاهای سبز عمومی نیز محدوده پونک و دروس به ترتیب بیشترین و کمترین مساحت را دارا هستند. محدوده‌های پیرامونی شهید بهشتی و اقدسیه دارای کمترین تراکم و شهرداری منطقه ۷، استانداری، قلهک و تجریش دارای بیشترین تراکم واحدهای خرده فروشی می‌باشند.

همچنین نقشه ۲، وضعیت آلودگی هوا در هر محدوده را نشان می‌دهد. بدین منظور میزان غلظت آلاینده‌های CO، NO، NO_2 و PM_{10} استاندارد شده و سپس از برآیند این مقادیر، وضعیت آلودگی هوا در هر محدوده مشخص شده است[۶]. همان طور که مشاهده می‌شود محدوده‌های استانداری و پاسداران در مجموع ۴ آلاینده، آلوده‌ترین ایستگاه‌ها و محدوده‌های پونک و گلبرگ پاک‌ترین ایستگاه‌ها هستند.

۵-۲ - تحلیل ارتباط مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت و غلظت آلاینده‌ها

براساس تحلیل رگرسیون با استفاده از روش گام به گام، در رابطه با آلاینده‌های O_3، CO و PM_{10}، مدل رگرسیونی حاصل گردید، بطوریکه در رابطه با آلاینده CO، متغیرهای مستقل مساحت بلوک‌ها و فاصله از راه‌های اصلی، در مدل وارد گردید.



نقشه۲- وضعیت آلودگی هوا در محدوده های مورد مطالعه.

براین اساس، ضریب تعیین تعدیل یافته، ۰،۵۴ درصد بدست آمد که بیانگر این مسئله است که فاصله از راه‌های اصلی و مساحت بلوک‌ها ۰،۵۴ درصد واریانس متغیر منواکسیدکربن را تبیین می‌کنند. همچنین برای آلاینده PM_{10}، متغیرهای فاصله از مراکز شهری و فاصله از راه‌های اصلی در مدل وارد گردید. براساس مدل بدست آمده، متغیرهای مستقل، ۰،۷۰ درصد واریانس متغیر ذرات معلق کمتر از ده میکرون را تبیین می‌کنند. در رابطه با آلاینده O_3 نیز براساس متغیر مستقل فاصله از ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی، مدل رگرسیونی بدست آمد که ۰،۵۹ درصد واریانس متغیر ازن را تبیین می‌کند. جدول ۳، نتایج آزمون تحلیل رگرسیون در رابطه با شاخص‌های مؤثر بر میزان غلظت آلاینده‌ها را نشان می‌دهد. براساس معادلات بدست آمده در جدول ۳، با افزایش هر واحد استاندارد مساحت بلوک، میزان غلظت آلاینده CO به اندازه ۰،۵۳ انحراف استاندارد افزایش می‌یابد. در مقابل با کاهش یک واحد در میزان فاصله از راه‌های اصلی، شاهد افزایش ۰،۴۷ انحراف استاندارد در میزان غلظت CO هستیم. با کاهش هر واحد استاندارد فاصله از مراکز شهری، میزان غلظت آلاینده PM_{10} به اندازه ۰،۵۶ انحراف استاندارد افزایش می‌یابد، همینطور با کاهش یک واحد در میزان فاصله از راه‌های اصلی، شاهد افزایش ۰،۵۲ انحراف استاندارد در میزان غلظت PM_{10} هستیم. در رابطه با آلاینده O_3 نیز با افزایش هر واحد استاندارد فاصله از ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی، میزان غلظت آلاینده CO به اندازه ۰،۶۴ انحراف استاندارد افزایش می‌یابد.

علاوه بر مدل‌های بالا، براساس تحلیل همبستگی پیرسون، شاخص‌های فاصله از شریان‌های اصلی، فاصله از مراکز شهری، مساحت فضاهای سبز و باز شهری، مساحت بلوک‌ها و تراکم تقاطع‌ها دارای همبستگی معناداری با آلاینده‌های هوا هستند.

به منظور سنجش ارتباط معیارهای اصلی محیط انسان‌ساخت شهری با میزان غلظت آلاینده‌ها، از روش تحلیل عاملی تاییدی استفاده شد. براین اساس، چهار عامل اصلی بدین ترتیب بدست آمد: عامل تراکم شامل شاخص‌های تراکم خالص و ناخالص جمعیت و تراکم خالص و ناخالص مسکونی، عامل دسترسی شامل شاخص‌های فاصله از راه‌های اصلی، فاصله از مراکز شهری و فاصله از ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، شاخص کیفیت ارتباطات شامل شاخص‌های اندازه بلوک‌های شهری و تراکم تقاطع‌ها، عامل فضاهای بازشهری شامل شاخص‌های مساحت فضاهای بازشهری(فضاهای ساخته نشده)، مساحت فضاهای سبز شهری و سرانه فضای سبز. جدول ۴، نتایج آزمون تحلیل عاملی تاییدی را در رابطه با شاخص‌های محیط انسان ساخت شهری نشان می‌دهد.

همچنین براساس مدل رگرسیون در رابطه با آلاینده PM_{10}، با استفاده از روش گام به گام، با افزایش هر واحد استاندارد، عامل تراکم میزان غلظت آلاینده PM_{10} به اندازه ۰،۳۵ انحراف استاندارد کاهش می‌یابد و با افزایش یک واحد در میزان عامل دسترسی، شاهد افزایش ۰،۴۷ انحراف استاندارد در میزان غلظت PM_{10} هستیم. علاوه بر این، براساس تحلیل همبستگی پیرسون، عامل تراکم با آلاینده CO با ضریب همبستگی ۰،۴۶ در جهت عکس همبسته است بدین معنا که با افزایش عامل تراکم، میزان غلظت آلاینده منواکسید کربن کاهش می‌یابد. عامل دسترسی با آلاینده‌های O_3، NO_2 به ترتیب دارای ضریب همبستگی ۰،۴۱ و ۰،۵۹ در جهت عکس می‌باشد یعنی با کاهش عامل دسترسی میزان غلظت NO_2 و O_3 افزایش می‌یابد. همچنین عامل کیفیت

جدول۳- نتایج آزمون تحلیل رگرسیون در رابطه با شاخص‌های مؤثر بر میزان غلظت آلاینده‌ها.

معادله رگرسیون استاندارد	متغیرهای مستقل	سطح معناداری	ضریب تعیین تعدیل یافته	ضریب همبستگی	متغیر وابسته
= غلظت CO (فاصله از راه‌های اصلی)× (۰،۴۷-) + (مساحت بلوک)× (۰،۵۳)	مساحت بلوک‌ها و فاصله از راه‌های اصلی	۰،۰۰۸	۰،۵۴	۰،۷۸	منواکسید کربن(CO)
= غلظت pm_{10} (فاصله از راه‌های اصلی)× (۰،۵۲-) + (فاصله از مراکز شهری)× (۰،۵۶-)	فاصله از مراکز شهری و فاصله از راه‌های اصلی	۰،۰۰۱	۰،۷۰	۰،۸۶	ذرات معلق کمتر از ده میکرون(PM_{10})
(فاصله از ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی)× (۰،۶۴)= غلظت O_3	فاصله از ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی	۰،۰۴	۰،۳۴	۰،۶۴	ازن(O_3)

جدول ٤- نتایج آزمون تحلیل عاملی تاییدی در رابطه بامشخصه‌های محیط انسان ساخت.

عوامل اصلی	شاخص‌های زیرمجموعه هر عامل	آزمون KMO	سطح معناداری	واریانس تجمعی
تراکم	تراکم خالص و ناخالص جمعیت و تراکم خالص و ناخالص مسکونی	۰،۵۳	۰،۰۰	۸۸،۱۲۷
دسترسی	فاصله از راه‌های اصلی، فاصله از مراکز شهری و فاصله از ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی	۰۵۷	۰،۰۸۷	۶۰،۰۹
فضاهای باز شهری	مساحت فضاهای بازشهری(فضاهای ساخته نشده)، مساحت فضاهای سبز شهری و سرانه فضای سبز	۰،۶۰	۰،۰۰	۸۱،۴۲
کیفیت ارتباطات	شاخص‌های اندازه بلوک‌های شهری و تراکم تقاطع‌ها	۰،۵	۰،۱۱۱	۷۲،۲۷

جدول ۵- تغییرات متغیرهای آلودگی هوا و محیط انسان ساخت با فاصله از مرکز شهر.

متغیر ها	میانگین	حداقل و حداکثر	بازه بندی سه تایی فاصله از مرکز شهر برحسب کیلومتر			همبستگی با متغیر فاصله از مرکز شهر
			مقادیر شاخص ها بازه فاصله کم از مرکز شهر	مقادیر شاخص ها بازه میانی فاصله از مرکز شهر	مقادیر شاخص ها بازه فاصله زیاد از مرکز شهر	
غلظت O_3	۲۵	۱۴,۰۲ - ۳۵,۹۸	۱۸,۸۶	۲۳,۰۷۹	۳۳,۷۰	۰,۶۶۸
غلظت PM_{10}	۸۸	۶۰,۹۲ - ۱۲۴,۵۳	۱۰۰,۰۵	۸۸,۳۰	۸۰,۴۲	-۰,۴۸۹
تراکم جمعیتی	۱۲۲,۶۹	۳۶,۸۷ - ۳۶۹,۵۹	۲۳۲,۳۲	۱۱۶,۵	۶۸,۴۹	-۰,۵۷۸
تراکم تقاطع ها	۰,۵۱	۰,۱۶ - ۰,۹۴	۰,۷۰	۰,۵۶	۰,۳۵	-۰,۶۱۳
تراکم واحدهای خرده‌فروشی	۸,۶۴	۰,۵۱— ۱۸,۱۴	۱۴,۲۰	۸,۵۶	۴,۸۹	-۰,۵۳۳
مساحت فضاهای باز شهری (هکتار)	۲۶,۶۴	۱۰,۶۹— ۶۱,۲۰	۱۷,۱۲	۲۲,۱۸	۳۷,۷۰	۰,۵۴۵

ارتباطات با آلاینده CO با ضریب همبستگی ۰,۵۴ در جهت عکس همبسته است بدین معنا که با افزایش کیفیت ارتباطات، میزان غلظت آلاینده CO کاهش می‌یابد.

۳-۵ - تحلیل تغییرات مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت و غلظت آلاینده‌ها با فاصله از مرکز شهر

در راستای تحلیل فضایی مرکز-پیرامون مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت و غلظت آلاینده‌ها، میزان همبستگی متغیرهای ذکرشده با میزان فاصله از مرکز شهر مورد بررسی قرار گرفت. در این رابطه، مرکز شهر تهران براساس دو محور اصلی شرقی-غربی خیابان انقلاب و شمالی-جنوبی ولیعصر مشخص شد که این محدوده از شمال به خیابان شهید مطهری و جلال آل احمد و از غرب به بزرگراه محمدعلی جناح و از شرق به خیابان آیت ا.. مدنی ختم می‌شود.

براساس جدول ۵، همبستگی شاخص‌های محیط انسان ساخت و میزان غلظت آلاینده‌ها با فاصله از مرکز شهر و میزان تغییرات آنها ارائه شده است. در این ارتباط، شاخص فاصله از مرکز شهر با آلاینده‌های PM_{10} و O_3 مشاهده شد، به طوری که فاصله از مرکز شهر و میزان غلظت PM_{10} به میزان ۰,۴۸- و با سطح معناداری ۰,۰۷ با یکدیگر همبسته بوده و این بدان معناست که با نزدیک شدن به مرکز شهر، میزان این آلاینده افزایش پیدا می‌کند. آلاینده O_3 به میزان ۰,۶۶ و با سطح معناداری ۰,۰۳ با فاصله از مرکز شهر همبسته است که این بدان معناست که با فاصله از مرکز شهر، میزان این آلاینده افزایش می‌یابد.

در رابطه با ارتباط شاخص‌های محیط انسان‌ساخت و فاصله از مرکز شهر، شاخص‌های تراکم، همگی همبستگی بالایی (بیش از ۰,۶) با فاصله از مرکز شهر داشته به طوری که با نزدیک شدن به محدوده مرکز شهر، میزان تراکم‌ها افزایش پیدا می‌کند. شاخص فاصله از حمل‌ونقل عمومی نیز با همبستگی ۰,۵۴ و سطح معناداری ۰,۰۴ رابطه مستقیم با فاصله از مرکز شهر داراست، بدین معنا که با فاصله از مرکز شهر، فاصله از ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی افزایش می‌یابد. شاخص تراکم تقاطع‌ها و تراکم واحدهای خرده‌فروشی همبستگی در جهت عکس به میزان ۰,۶۱- و ۰,۵۳- دارا می‌باشند که بدین معناست که هرچه به مرکز شهر نزدیک می‌شویم، میزان تراکم تقاطع‌ها و واحدهای خرده‌فروشی افزایش می‌یابد. شاخص مساحت فضاهای باز شهری با میزان همبستگی ۰,۵۴ و سطح معناداری ۰,۰۴ با فاصله از مرکز شهر ارتباط مستقیم داشته بدین معنا که هرچه به مرکز شهر نزدیک می‌شویم، مساحت فضاهای باز شهری کاهش می‌یابد.

نتیجه

با توجه به رفتار آلاینده‌ها در تحلیل فضایی مرکز-پیرامون، و میزان و جهت همبستگی آنها با مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت، می‌توان آلاینده‌ها را به دو دسته کلی آلاینده‌های اولیه و ثانویه طبقه‌بندی نمود. دسته اول آلاینده‌های ثانویه O_3 و NO_2 و دسته دوم آلاینده‌های اولیه یعنی NO، CO و PM_{10} می‌باشند. بر اساس مطالعات رگرسیون و همبستگی، این دو دسته از آلاینده‌ها دارای رفتار متفاوت نسبت به هم هستند. آلاینده‌های اولیه نظیر آلاینده NO، CO و PM_{10} که به شکلی مستقیم تولید می‌شوند، ارتباط معناداری با شریان‌های اصلی دارند، که از دلایل آن می‌توان به انتشارات حاصل از وسایل حمل و نقل موتوری، که از منابع اصلی تولید آلاینده‌ها مذکور هستند، اشاره نمود. با توجه به اینکه نواحی مرکز شهر دارای تراکم بالای اشتغال و خدمات بوده و هرروزه افراد زیادی از پیرامون شهر به این نواحی سفر می‌کنند و همچنین

فشردگی و متراکم بودن محیط انسان‌ساخت و کاهش فضاهای باز و افزایش تراکم‌ها در این نواحی مشهود است، میزان غلظت آلاینده‌های اولیه در این نواحی بالاتر است.

در رابطه با آلاینده‌های ثانویه نظیر O_3 که بر اثر فعل‌وانفعالات شیمیایی در جو بوجود می‌آیند، شرایط متفاوت است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می شود، این آلاینده‌ها با فاصله از نواحی مرکزی شهر افزایش می‌یابند. همچنین در نواحی که فضاهای بازشهری بیشتر است، غلظت این نوع آلاینده‌ها نیز بیشتر است. این در حالی است که با افزایش مساحت فضاهای باز، میزان غلظت آلاینده‌ی PM_{10} کاهش می‌یابد. این مسئله نشان می‌دهد که در محدوده‌هایی که متراکم‌تر هستند، احتمال افزایش غلظت این نوع آلاینده‌ها بیشتر است و وجود فضاهای باز و سبز شهری، این احتمال را کاهش می‌دهد. همچنین براساس تحلیل فضایی مرکز-پیرامون مشخص گردید که با فاصله از مرکز شهر مساحت فضاهای باز افزایش می‌یابد. شاخص فضای سبز شهری، ارتباط معناداری با آلاینده PM_{10} داراست. بدین معنا که با افزایش مساحت فضای سبز، غلظت این آلاینده نیز کاهش می‌یابد. این امر به نقش ویژه فضاهای سبز شهری به عنوان ریه‌های تنفسی شهر تاکید دارد. ایجاد فضاهای سبز شهری در نواحی مرکزی و متراکم شهر که میزان بالاتری از نظر تولید آلاینده‌ها دارند، می‌تواند امری بسیار مهم در جهت بهبود کیفیت هوا می‌باشد. از دیگر مشخصه‌های محیط انسان‌ساخت شهری تاثیرگذار در غلظت آلاینده‌ها، می‌توان به شاخص مساحت بلوک‌ها اشاره نمود که با افزایش مساحت بلوک‌های شهری و در پی آن کاهش کیفیت ارتباطات، میزان غلظت آلاینده‌های اولیه افزایش می‌یابد.

پی‌نوشت‌ها

1 World Health Organization.

2 Active Transportation.

3 Pedestrian Pocket.

۴ لازم به ذکر است در این مطالعه منظور از عامل دسترسی در تدوین معیارهای ساخت شهری، بُعد فاصله است و از ابعاد دیگر دسترسی نظیر نحوه‌دسترسی و غیره چشم‌پوشی شده است و در واقع دسترسی مترادف با فاصله بکاررفته است.

۵ رابطه بالا از مطالعه‌ای که فرانک و همکاران در سال ۲۰۰۷ در رابطه با تخمین میزان اختلاط کاربری‌ها انجام داده‌اند، استخراج شده است(Frank ; Marshall et al, 2009 et al, 2007): در این رابطه Pi نسبت مساحت کاربری زمین موردنظر به مساحت کل کاربری‌ها (که اختلاط آنها موردنظر قرار دارد) است و n تعداد کاربری‌هایی است که اختلاط آنها موردنظر است.

۶ به دلیل موجود نبودن میزان غلظت آلاینده ازن (O_3) برای همه ایستگاه‌ها، در بررسی کلی وضعیت آلودگی هوا در محدوده‌های مورد مطالعه، این آلاینده حذف گردید.

فهرست منابع

شرکت کنترل کیفیت هوا (۱۳۸۹)، *گزارش سالیانه کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۸۹*، تهران.

شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری (۱۳۸۴)، *مطالعات محیط زیست طرح جامع تهران*، جلد سوم، گزارش در مورد مسائل و مشکلات زیست محیطی، آلودگی هوا ، تهران.

موتین، کلیف (۱۳۸۶)، *ابعاد سبز طراحی شهری*، ترجمه کاوه مهربانی، انتشارات شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری، چاپ اول، تهران.

مهندسین مشاور بوم سازگان (۱۳۸۵)، *طرح جامع شهر تهران*، مطالعات ارکان ساختاری-راهبردی شهر تهران.

ویلیامز، کاتی؛ برتون، الیزابت؛ جنکنر، مایک (۱۳۸۳)، *دستیابی به شکل پایدار شهری، شکل پایدار شهری و حمل‌ونقل*، ترجمه واراز مرادی مسیحی، انتشارات شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری، چاپ اول، تهران.

Borrego, C; Martins, H; Tchepel, O; Salmim, L; Monteiro; A; Miranda, A.I (2005), How urban structure can a ect city sustainability from an air quality perspective, *Environmental Modelling & Software*, Vol 10, No 5, pp 1, 6, 7.

Calthorpe, P (1989), *The Pedestrian Pocket Book: A New Suburban Design Strategy*, Princeton Architectural Press, Princeton.

Cervero, R, Kockelman, K (1997), Travel demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design, *Transportation Research*, Vol. 2, No. 3, pp. 199-219.

EPA, (2009), *Essential Smart Growth Fixes for Urban and Suburban Zoning Codes*, US EPA,pp 10.

Ewing, R; Cervero, R (2001), Travel and the Built Environment: A Synthesis, *Transportation Research Record*, No 70, p 80.

Ewing, R; Bartholomew, K; Winkelman, S; Walters, J; Chen, D (2008), *Growing Cooler: The Evidence on Urban Development and Climate Change*, Urban Land Institute, Washington D.C.

Forsyth, A; Schively, C; Krizek, K (2010), Health impact assessment in planning: Development of the design for health HIA tools, *Environmental Impact Assessment Review*, No 30, pp 42–51.

Frank, L; Engelke, P (2005), Multiple Impacts of the Built Environment on Public Health: Walk able Places and the Exposure to Air Pollution, *International Regional Science Review*, Vol 20, No 4, pp 193-216.

Frank, L; Engelke, P; Schmid, T (2003), *Health and Community Design: The Impact Of The Built Environment On Physical Activity*, Press, Island.

Frank, L; Pivo, G (1994), Impacts of Mixed Use and Density Utilization of Three Modes of Travel: Single-Occupant Vehicle, Transit, and Walking, *Transportation Research Record 1466*, No 34, p 124.

Frank, L; Stone Jr, B; Bachman, W (2000), Linking land use with household vehicle emissions in the central puget sound: methodological framework and fundings, *Transportation Research Part D*, No. 5, p173.

Frank, L; Saelens, B; Powell, K; Chapman, J; Kavage, S (2007), Stepping towards causation: Do built environments or neighborhood and travel preferences explain physical activity, driving, and obesity?, *Social Science & Medicine*, No. 65, pp 1898,1902.

Frank, L; Greenwald, M; Winkelman, S; Chapman, J; Kavage, S (2010), Carbonless footprints: Promoting health and climate stabilization through active transportation, *Preventive Medicine*, No. 50, pp. 99-100.

Friedman, M; Powell, K; Hutwagner, L; Graham, L; Teague, W (2001), Impact of Changes in Transportation and Commutine Behaviors During

Environment Conference, Melbourne, Mitcham, VIC. Clean Air Society of Australia and New Zealand, pp 331-336.

Sallis, J. F; Frank, L. D; Saelens, B. E; Kraft, M. K (2003), Active transportation and physical activity: opportunities for collaboration on transportation and public health research, *Transportation Research Part A*, No 38, p 263.

Schweitzer, L; Zhou, J (2010), Neighborhood Air Quality, Respiratory Health, and Vulnerable Populations in Compact and Sprawled Regions, *Journal of the American Planning Association*, Vol 76, No 3, pp 363-371.

Tiwari, R; Cervero, R; Lee, S (2011), Driving CO2 reduction by Integrating Transport and Urban Design strategies, *Cities*, Vol. 28, No 28, P 403.

the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on Air Quality and Childhood Asthma. *Journal of the American Medical Association*, Vol 285, No 7, pp 897-905.

Kenworthy, R (2006), The eco-city: ten key transport and planning dimensions for sustainable city development, *Environment and Urbanization*, Vol18, No 1, p 67.

Marshall, J; Brauer, M; Frank, L (2009), Healthy Neighborhoods: Walkability and Air Pollution, *Environmental Health Perspectives*, Vol 117, No11, pp 1752-1759.

Manins, P.C; Cope, M.E; Hurley, P.J; Newton, P.W; Smith, N.C; Marquez, L.O (1998), The impact of urban development on air quality and energy use, In: *Proceedings of the 14th International Clean Air and*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی