تحلیل الگوی توزیع فضایی تولید پسماند شهری در مناطق۲۲گانه تهران با استفاده از تکنیک رگرسیون موزون جغرافیایی و شبکه عصبی مصنوعی

مرتضی نجفی[۱] مجتبی رفیعیان[۲]

راما قلمبر دزفولی[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۱۱/۱۲

****

چکیده

پسماند شهری یکی از چالش‌های پیش روی شهرها و کلان‌شهرها در قرن ۲۱ به‌شمار می‌رود. چالشی که کیفیت‌های محیط شهری، اقتصاد شهری و سلامت شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برنامه‌ریزی پیرامون مدیریت کارا در راستای کاهش و مدیریت پسماند شهری از جمله اهداف بانک جهانی در سال ۲۰۱۶ برای شهرهای بزرگ بود؛ اما برای برنامه‌ریزی و مدیریت مناسب، بحث شناخت متغیرهای اثرگذار بر پسماند شهری مطرح می‌گردد. چالش مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب پسماند شهری برای شهر تهران و مناطق ۲۲گانه آن نیز مطرح می‌باشد. این پژوهش با هدف تحلیل الگوی توزیع فضایی تولید پسماند شهری (متغیرهای مستقل) و میزان پسماند شهری (متغیر وابسته) به‌دنبال بررسی متغیرهای اثرگذار بر پسماند شهری در سطح شهر تهران و مناطق ۲۲گانه آن است. پژوهش حاضر از نوع کاربردی و توسعه ای و روش آن توصیفی – تحلیلی (قیاسی) مبتنی بر تحلیل‌های فضایی و مکانی می‌باشد. سطح اطلاعات مورد استفاده، ۱۲۳ناحیه است که داده‌های آن از سازمان پسماند شهرداری تهران، مرکز آمار و شهرداری تهران تهیه شده است. تکنیک‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل رگرسیون حداقل مربعات و رگرسیون موزون جغرافیایی برای بررسی رابطه و پیش‌بینی مبتنی بر آن و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی بر اساس ماهیت متغیرها می‌باشد. نتایج به‌دست آمده بیان کرد که متغیر قیمت زمین با ضریب منفی ۰/۹۶ رابطه معناداری با پسماند شهری نداشته است و متغیرهای مهاجرت و کاربری‌های شهری – بهداشتی درمانی به ترتیب با ضرایب (۰/۱۲۳ و ۰/۱۸۶) بر میزان پسماند شهری در مناطق شمالی اثرگذار می‌باشد. از بُعد روشی نیز تحلیل واریانس میان رگرسیون‌ها بیان کرد که رگرسیون موزون جغرافیایی با ضریب ۲/۳۵۵ برتری به نسبت رگرسیون حداقل مربعات داشته است. همچنین ضرایب تعیین نهایی مدل‌ها بیان کرد که شبکه عصبی مصنوعی با ضریب ۰/۹۶۷ عملکرد بهتری در بُعد غیر مکانی برای پیش‌بینی مدل و میزان پسماند شهری داشته است.

واژه‌های کلیدی: پسماند شهری، مناطق ۲۲گانه تهران، رگرسیون موزون جغرافیایی، شبکه عصبی مصنوعی

****

۱- کارشناسی ارشد مهندسی شهرسازی، گرایش برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس Morteza.najafi@modares.ac.ir
۲- دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.(نویسنده مسئول) Rafiei_m@modares.ac.ir
۳- استادیار گروه شهرسازی، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران ramaghalambor@pardisiau.ac.ir

۱- مقدمه

تکنیک‌ها و مدل‌های مکانی و فضایی امروزه در سطح گسترده‌ای از تحلیل چالش‌ها در سطوح شهری و منطقه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. تکنیک‌هایی که می‌توانند با شناسایی روابط بین متغیرها و همچنین ارزیابی اثرگذاری متغیرها در پهنه‌های مکانی کمک شایانی به برنامه‌ریزان و مدیران شهری نمایند. پسماند شهری یکی از مباحث چالشی به‌شمار می‌رود که با روند افزایش جمعیت، افزایش شهرنشینی و افزایش مصرف‌گرایی اهمیت بسزایی در ده سال گذشته از ۲۰۰۹ در سطح جهانی پیدا کرده است. اهمیت این موضوع تا جایی پیش‌رفت که بانک جهانی در سال ۲۰۱۶ اهمیت نگرش صحیح به موضوع پسماند شهری را در سطوح جهانی مطرح کرد ***(World Bank,2016)***.

سوء مدیریت پسماند جامد شهری یک مسئله جهانی از نظر آلودگی زیست‌محیطی، شمول اجتماعی و پایداری اقتصادی است. افزایش سریع جمعیت، رشد اقتصادی، شهرنشینی و صنعتی شدن موجب افزایش میزان پسماند جامد شهری شده است؛ و این موضوع سبب بروز چالش‌های محیط‌زیستی می‌شود. در واقع، در بسیاری از کشورهای در حال توسعه پسماند جامد در مراکز شهری پراکنده شده و در محل‌های تخلیه دفع می‌شوند.

کمبود زیرساخت برای جمع‌آوری، حمل‌ونقل، درمان و دفع نهایی، برنامه‌ریزی مدیریتی، منابع مالی، دانش و نگرش عمومی سبب وخیم‌تر شدن وضعیت مدیریت پسماند جامد شده است ***(Ferronato, N. Torretta,2019)***. پسماندهای شهری در سطوح مختلف، اثرات متنوعی را بر شهر و سیستم مدیریت شهری می‌گذارد. کاهش کیفیت‌های محیط شهری، اثرات سوءاقتصادی و چالش‌های منظر شهری از جمله مشکلاتی هستند که در گروی پسماندهای شهری در سطوح شهری مطرح می‌شوند. عامل‌های مختلفی در مقیاس شهری بر میزان پسماند شهری اثر می‌گذارد. بررسی رابطه میان این متغیرها در مقیاس شهری می‌تواند کمک شایانی به برنامه‌ریزان و مدیران شهری نماید تا با تدوین برنامه‌ها و سیاست‌های کلی در راستای کاهش پسماند شهری گام بردارند؛ اما بررسی صرف رابطه میان عامل‌های اثرگذار بر پسماند شهری در مقیاس شهر با متغیرهای مطرح شده از سوی بانک جهانی در سطوح غیر مکانی نمی‌تواند تخمین مناسبی از وضعیت آتی ارائه دهد و توضیح‌دهندگی مناسبی را داشته باشد. چرا که عامل‌های مکانی همواره تأثیراتی را بر میزان پسماند شهری می‌گذارند. از این رو بحث استفاده از مدل‌ها و تکنیک‌های فضایی و مکانی مطرح گردید. یکی از روش‌های مطرح شده برای بررسی رابطه میان عامل‌های اثرگذار بر تولید پسماند شهری استفاده از رگرسیون موزون جغرافیایی[1] می‌باشد. رگرسیون موزون جغرافیایی با استفاده از بررسی رابطه میان متغیرها در سطح اول و در سطح دوم بررسی اثرگذار هر متغیر در بُعد مکانی می‌تواند نوع رابطه و میزان اثرگذاری متغیرهای پسماند شهری بر شهر را در سالیان آتی پیش‌بینی کند. شهر تهران در یک بازه زمانی ۱۵ ساله از سال ۱۳۸۵ با تغییرات عمده جمعیتی، کالبدی و اقتصادی روبه‌رو بوده است. پیش‌بینی‌ها نیز بیان می‌دارد این روند تغییرات در سالیان آتی نیز ادامه پیدا کند. با روند افزایشی که رخ می‌دهد میزان پسماند شهری در شهر تهران نیز افزایش پیدا می‌کند. آمارها نیز حاکی از آن است که در شرایط فعلی ***(آمار اطلس شهر تهران، ۱۳۹۵)*** میانگین پسماند شهری در تهران از میانگین جهانی بالاتر می‌باشد. اگر برای این وضعیت افزایشی تولید پسماند شهری با توجه به متغیرهایی همچون توسعه شهری در شهر تهران برنامه‌ریزی صورت نگیرد؛ یکی از چالش‌های اساسی شهر تهران در سالیان آتی پسماند شهری و مدیریت آن می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از تکنیک‌های رگرسیون موزون جغرافیایی و شبکه عصبی مصنوعی[2] به‌دنبال بررسی اثرات مختلف متغیرهای بر میزان تولید پسماند شهری در مناطق ۲۲گانه شهر تهران هستیم تا مشخص کنیم ابتدا کدام متغیرها اثرگذاری بیشتری بر میزان تولید پسماند شهری در

1- GWR: Geographically Weighted Regression

2- Artificial Neural Networks

سطح شهر تهران و مناطق ۲۲گانه شهر تهران داشته است. همچنین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی صورت می‌گیرد تا با استفاده از ماهیت بین داده‌ها در سطوح غیر مکانی میزان پسماند شهری در سال‌های آتی مشخص گردد. هدف از این پژوهش مقطعی (عرضی) تحلیل الگوی توزیع فضایی تولید پسماند شهری در مناطق ۲۲گانه شهر تهران با استفاده از تکنیک‌های رگرسیون کلاسیک، رگرسیون موزون جغرافیایی و شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از نرم‌افزارهای Minitab, GIS,GWR4,Matlab به منظور مدل‌سازی می‌باشد.

نوآوری تحقیق حاضر را می‌توان در دو بخش روش‌شناسی و موضوعی مورد بررسی قرار داد. در بخش روش‌شناسی ترکیب شبکه عصبی مصنوعی در کنار رگرسیون موزون جغرافیایی در حوزه و مقیاس شهری جوهره اصلی پژوهش حاضر به‌شمار می‌رود. عمده پژوهش‌های صورت گرفته، از بعُد روشی به‌صورت جدا از دو مدل مذکور استفاده کرده‌اند؛ اما در پژوهش پیش رو دو مدل به‌صورت ترکیبی مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین در این پژوهش به موضوعات روشی تحلیل اکتشافی در GIS و همبستگی و نرمال‌سازی داده‌ها پرداخته شده است. بعلاوه عموماً برای بررسی اثرگذاری متغیرها و نوع ارتباط آن‌ها از رگرسیون حداقل مربعات استفاده می‌شود و تاکنون عملاً بعد مکانی متغیرها درنظر گرفته نمی‌شد. در این پژوهش با استفاده از مدل‌های مورد استفاده، مشخص شد که عامل‌های مکانی، اثرگذاری ملموسی بر روابط میان متغیرها داشته‌اند. مفاهیمی که سبب افزایش میزان صحت خروجی و نتایج پژوهش مذکور می‌گردد. در انتهای پژوهش نیز به مدل (GGRNN[1]) که بر پایه نتایج و خروجی‌های پژوهش پیش‌رو بوده است اشاره می‌گردد. در بعُد موضوعی، عمده پژوهش‌های صورت‌گرفته پیرامون پسماند و پسماند شهری به‌دنبال بررسی اثرات محیط‌زیستی و رابطه‌های پیرامونی آن می‌باشند؛ اما در پژوهش حاضر برای اولین بار به متغیرهای شهری اثرگذار بر پسماند شهری در مناطق ۲۲گانه شهری تهران پرداخته شده است.

همچنین سؤالات اصلی مطرح شده پیرامون هدف شامل موارد ذیل می‌باشد:

- کدام یک از عامل‌های کالبدی - محیطی، اجتماعی و اقتصادی بر میزان تولید پسماند شهری در سطح مناطق ۲۲گانه تهران اثر می‌گذارد؟
- پراکنش فضایی و الگوی تولید پسماند شهر تهران در سطح مناطق ۲۲گانه شهر تهران به چه صورت می‌باشد؟
- کدام یکی از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، رگرسیون موزون جغرافیایی و رگرسیون کلاسیک در پیش‌بینی میزان تولید پسماند شهری در مناطق ۲۲گانه شهر تهران کارآمدتر است؟

پیشینه پژوهش به شرح ذیل می‌باشد:

ابراهیمی، اصغر و همکارانش در سال ۱۳۹۵ در مقاله‌ای تحت عنوان پیش‌بینی تولید پسماند شهری که از روش سری زمانی (تکنیک ARMA) و مدل‌سازی پویایی سیستم (نرم‌افزار VENSIM)، با استفاده از اسناد مربوط به جمعیت و میزان تولید پسماند از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ از سازمان‌های مربوطه و همچنین عوامل مؤثر بر تولید پسماند شهری نظیر جمعیت، رشد شهرنشینی، شاخص‌های تورم GDP و همچنین ارتباط آن‌ها با استفاده از مدل GEE میزان تولید پسماند در شهر اصفهان را با استفاده از مدل و روش پویایی سیستم توسط نرم‌افزار Vensim و روش سری زمانی ARMA پیش‌بینی کردند. نتایج حاصله بیانگر این موضوع بود که جمعیت و شاخص تورم بر تولید پسماند اثر معناداری دارد و تولید پسماند در آینده روندی افزایشی خواهد داشت. این افزایش در مناطق مختلف و با روش‌های متفاوت پیش‌بینی، یکسان نخواهد بود روش سری زمانی با تکنیک ARMA پیش‌بینی دقیق‌تری نسبت به سایر روش‌ها داشته است *(ابراهیمی اصغر و همکارانش،۱۳۹۵)*. امیر مصطفی حاتمی و همکاران در سال ۱۳۹۵ در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی تکنیک جداسازی پسماند در مناطق

1- Geographic General Regression Network Neural

۲۲گانه شهر تهران با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی، با استفاده از آمار مربوط به جمعیت ساکن و تولید و تفکیک پسماند به کمک سیستم اطلاعات مکانی GIS به بررسی میزان پسماند تفکیک شده مناطق ۲۲گانه شهر تهران طی سال‌های ۹۲-۸۹ پرداخته‌اند. نتایج به‌دست آمده بیانگر این موضوع بود که در سال‌های ۸۹ و ۹۰ و ۹۱ و ۹۲ به‌ترتیب ۱۵/۲۳٪،۱٤/۸۵٪،۱٤/۳۸٪،۱۵/۲۳٪ از کل پسماند شهر تهران به‌صورت تفکیکی از مبداء جمع‌آوری شدند. در سال‌های ۸۹،۹۰،۹۱ منطقه ۱۲ بیشترین جمع‌آوری پسماند تفکیک شده را داشته و در سال ۱۳۹۲، منطقه ۱٤ با ۲۳/۷۳۱، منطقه ۱ با ۲۲/۷۰۱ بهترین مناطق در این زمینه بودند *(حاتمی و همکاران، ۱۳۹۵)*. پیوسته‌گر، یعقوب و محمد حسین انصاری در سال ۱۳۹۵ در مقاله‌ای به بررسی و ارزیابی عوامل اجتماعی مؤثر بر کاهش سرانه تولید پسماند خانگی در مناطق ۳ و ۱۰ تهران پرداختند. یافته‌های پژوهش بیانگر این موضوع بود که بسیاری از عوامل اجتماعی نظیر سن، جنسیت، وضعیت تأهل، بعد خانوار، مدت اقامت در تهران و منطقه، نوع واحد مسکونی و رعایت تفکیک زباله در سرانه تولید پسماند خانگی اثرات مستقیم دارند. در ادامه این دو منطقه بر اساس معیارها و شاخص‌های کالبدی، اجتماعی، محیط‌زیستی و مدیریتی مورد ارزیابی قرار گرفت که درصد امتیاز کسب شده منطقه ۳ به‌ترتیب ۳۸،۳٦،٦٤،٦۷ و منطقه ۱۰ به ترتیب ۳٦،۳۳،٤٦،٤۷ می‌باشد. در انتها نیز ۲۰ راهکار عملیاتی در زمینه کاهش سرانه تولید پسماند خانگی با تأکید بر عوامل اجتماعی ارائه شد *(پیوسته‌گر و همکاران،۱۳۹۵)*. آگاتا مسجاسز-لچ در سال ۲۰۱٤ در مقاله‌ای تحت عنوان مدیریت زباله شهری در زمینه توسعه پایدار شهری، با هدف تجزیه و تحلیل پویایی از نظر ویژگی‌های مدیریت زباله شهری در مناطق شهری لهستان ارائه شد. در این مقاله، با داده‌های آماری سال ۲۰۰٤ و ۲۰۱٤ و متغیرهای جمع‌آوری پسماندهای شهری، جمع‌آوری پسماندهای ترکیبی از تجارت، کسب و کارهای کوچک، جمع‌آوری پسماندهای شهری از خدمات شهری، جمع‌آوری پسماندهای شهری از مخازن زباله، جمع‌آوری پسماندهای ترکیبی از خانوارها در استراحتگاه‌های انتخاب شده و تعداد دفعات دفن پسماندهای کنترل شده در محل مورد بررسی قرار گرفته و به این نتایج دست یافت که تولید پسماند شهری در عملکرد جوامع شهری تأثیرگذار است. با این حال این امکان وجود دارد که تأثیر منفی زیست‌محیطی آن را از طریق سیستم‌های مدیریت پسماند درست به حداقل رساند که جدای از اثرات اکولوژیکی هم می‌تواند مزایای اقتصادی و اجتماعی را به ارمغان آورد. به همین دلیل است که مدیریت ضایعات شهری یک عنصر مهم از توسعه پایدار شهرها است *(لچ،۲۰۱٤)*. محمد حسین سرایی و همکاران در سال ۱۳۹۲ در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی وضعیت توزیع فضایی و مکانی پسماند در مناطق ۲۲گانه شهر تهران با استفاده از داده‌های سال‌نامه آماری ۱۳۹۰ شهر تهران با روش توصیفی و تحلیلی به این نتایج دست یافتند که از نظر توزیع فضایی و مکانی در مناطق مختلف شهر، در مناطق شمال شهر از جمله مناطق ۲ و ۵ و ٤ به ترتیب ٤٦۵۰۰۰ و ۲٤۷۰۰۰ و ۲۳۵۰۰۰ تن بیشترین و مناطق ٦ و ۱٤ و ۹ به ترتیب با ۳۸۰۰۰ و ۵٦۰۰۰ و ٦۲۰۰۰ تن کمترین میزان زباله را تولید می‌کنند؛ اما نکته قابل توجه ، بالا بودن سرانه تولید زباله در منطقه ۱۲ می‌باشد که با ۵۵٦٦٦ کیلو گرم در رتبه اول قرار دارد؛ و در این زمینه توجه مسئولان به خدمات و تجهیزات تخصصی در هر منطقه را می‌طلبد *(سرایی،۱۳۹۲)*. گری هیگز در سال ۲۰۰٦ در مقاله‌ای تحت عنوان ادغام تکنیک‌های چندمعیاره با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در محل تأسیسات پسماند برای افزایش مشارکت عمومی بیان می‌دارد که برای افزایش میزان مشارکت صرف استفاده از پرسشنامه محدودیت ها و چالش‌هایی در عرصه مشارکت مردم و گروه‌های ذی‌ربط ایجاد می‌کرد. در ادامه پیش فرض این‌که رویکرد های مشارکتی که از روش‌های مبتنی بر IT استفاده می‌کنند بر اساس سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی ترکیبی GIS و تکنیک‌های ارزیابی چندمعیاری که می‌توانند مردم را در فرآیند تصمیم‌گیری دخیل سازند، مطرح می‌گردد. پتانسیل این تکنیک‌ها از طریق مرور ادبیات

جدول ۱: جمع‌بندی پیشینه تحقیق

بررسی پیشینه‌های پژوهش	نقاط مشترک	نقاط افتراق	نکات مغفول واقع شده در تحقیقات قبلی	نوآوری در این پژوهش
مقالات داخلی	محوریت موضوع پسماند شهری و تغییرات در سری‌های زمانی مختلف	تنوع در روش‌های مختلف و بازه زمانی اطلاعات متنوع	عدم توجه به بعد مکانی و اثرگذاری ابعاد مکانی بر پسماند شهری و همچنین متناسب نبودن پیش‌بینی‌ها به‌صورت غیرمکانی	توجه به ابعاد مکانی پسماند شهری و رابطه آن با سایر متغیرها در بعد مکانی و بررسی همبستگی مکانی متغیرها و همچنین استفاده از روش‌های مکانی و غیرمکانی (شبکه عصبی مصنوعی) برای پیش‌بینی میزان پسماند تولیدی به همراه ترکیب روش GWR با ANN
مقالات خارجی	محوریت موضوع پسماند شهری	توجه عمیق به موضوع مدیریت پسماند شهری بیشتر از متغیرهای اثرگذار بر پسماند شهری	عمده روش‌ها به‌صورت کیفی بوده و یا استفاده از روابط در بعد غیرمکانی پسماند شهری	

موجود به‌منظور برجسته کردن فرصت ها و چالش‌های پیش‌روی تصمیم‌گیرندگان در افزایش مشارکت مردم مستند شده است. در مراحل مختلف فرآیند مدیریت امکانات زباله؛ نتیجه‌گیری شده است که چنانچه موانعی که مانع استفاده گسترده‌تر از چنین تکنیک‌هایی می‌شوند بر سر راه استفاده گسترده‌تر از این تکنیک‌ها غلبه کنند، میزان مشارکت گروه‌های مردمی در امر مدیریت پسماند شهری بیشتر خواهد شد ***(میگز،۲۰۰۶)***.

در جدول ۱ به جمع‌بندی پیشینه پرداخته شده است.

۲- مبانی نظری

ماده ۲ قانون مدیریت پسماندها

عبارات و اصطلاحاتی که در این قانون به‌کار رفته است شامل:

پسماند: به مواد جامد، مایع و گاز (غیر از فاضلاب) گفته می‌شود که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم حاصل از فعالیت انسان بوده و از نظر تولیدکننده زائد تلقی می‌شوند. در فضای شهری با عوامل مختلفی در تولیدکننده پسماند شهری روبه‌رو هستیم که با نگرش مناسب به هر کدام از این عوامل می‌توان میزان تولیدی پسماند را کاهش داد. در قانون مدیریت پسماند ایران که مصوب سال ۱۳۸۳ بوده، آمده است که عواملی همچون: خانگی[1] - تجاری و اداری[2] - صنعتی[3] - کشاورزی[4] - اماکن و مؤسسات[5] - ساختمانی[6] - خدمات شهری[7] - پسماند ناشی از تصفیه‌خانه‌ها و باقی‌مانده زباله‌سوزها[8] ***(قانون مدیریت پسماند،۱۳۸۳)*** بسیاری از مطالعات راه‌حل‌های احتمالی برای بهبود مدیریت پسماند شهری در کشورهای در حال توسعه، مانند برنامه‌های خرید زباله‌های آلی، با کمپوست یا تولید بیوگاز را گزارش کردند ***(Hettiarachchi, H. Meegoda, J.N,2018)***. همچنین در کشورهای در حال توسعه بررسی‌های زیادی در مورد مدیریت پسماند شهری در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه صورت گرفت و در مورد آلودگی زیست‌محیطی از زباله‌ها منتشر شد. به‌ویژه، در مورد تولید گازهای مضر، مدیریت تجهیزات الکتریکی و پسماند الکترونیکی، مدیریت پسماند مواد غذایی و درمان، بازیافت باتری‌های استفاده شده، سایر پسماند غیررسمی و مدیریت زباله‌های خطرناک خانگی و مدیریت زباله‌های بهداشتی ***(HW) (Ali, M. Wang, W,2017)***.

پسماند شهری: پسماند شهری به کلیه موادی می‌گویند که به شکل جامد در اثر فعالیت‌های روزمره انسان و متعلقات زندگی‌اش تولید شده و برای اشخاصی

1- Residential
2- Commercial
3- Industrial
4- Agricultural
5- Institutional
6- Construction and Demolition
7- Municipal Services
8- Treatment Plant Sites. Municipal Incinerator

که صاحب یا مسئول آن‌ها هستند، هیچ ارزشی ندارند. پسماند شهری ممکن است از منابع مختلفی مانند مناطق شهری، مواد خانگی، خیابانی، تجاری و غیره به محیط‌زیست وارد شوند. در شهرها و کشورهای جهان سوم همچنین، شامل مقادیر متفاوتی از مواد زائد جامد صنایع کوچک، فضولات انسانی و حیوانی مرده می‌باشند *(Medina,Martin, 2010)*. در بررسی صورت‌گرفته در سطوح جهانی و کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه عامل‌های

جدول ۲: مقایسه تجارب مدیریت پسماند شهری در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه

نمونه موردی	سیاست	عامل‌های اثرگذار بر پسماند شهری	اقدامات	نتایج
آمریکا	فرهنگ‌سازی، یکی از برنامه‌های اصلی کشور آمریکا SMM بود که در آن تأکید بر استفاده مجدد از مواد و متریال مد نظر بوده است.	معابر، نوع کاربری، مساحت واحد مسکونی، نسبت جنسی، درآمد	بازیافت/کاهش از مبدا/ زباله‌سوزی بیشتر در ایالات شمالی	در سال ۲۰۱۱ حدود ٦٥/٣ درصد از پسماند تولیدی کل به مراکز دفع انتقال داده می‌شود که حدود ۱۱ درصد آن به مراکز استحصال انرژی از طریق زباله‌سوزی انتقال داده می‌شود و ٥٤ درصد آن نیز به مراکز دفن انتقال داده می‌شود
آلمان	در کشور آلمان عمده توجه به فرهنگ‌سازی بوده و اصولاً هر کس به میزان تولید پسماند خودش مسئول دفن آن و بازیافت آن بوده و اگر میزان بازیافت و دفع آن متعادل نباشد هزینه مضاف می‌پردازد./محدود کردن دفن پسماند /تغییر در الگوهای رفتاری شهروندان و اقدامات پیشگیرانه	نوع کاربری، مهاجرت، تحصیلات، مشارکت اقتصادی	کاهش از مبدا– زباله‌سوزی و دفن/استفاده از متدهای هوازی	در سال ۲۰۱۰ میزان بازیافت به ٦٢٪ افزایش یافته و دفن پسماند تقریباً ۰ درصد بود و سوزاندن پسماند نیز به ۳۷ درصد افزایش یافته بود. در این میان هدف اتحادیه اروپا ٥٠٪ بازیافت در سال ۲۰۲۰ بود که کشور آلمان ۱۰ سال زودتر به این هدف دست یافت
ژاپن	در کشور ژاپن به دلیل محدود بودن میزان زمین عملیات دفن پسماند به ندرت صورت می‌گیرد و به همین منظور عمده سیاست‌ها به سوی $R \& 3R_1$ کشیده شد.	مساحت کاربری، تعداد اتاق، تحصیلات، جمعیت فعال	بازیافت و سیاست‌های کاهش و سوزاندن	طبق نمای کلی جریان مواد، ژاپن از حدود ۱/۸۲ میلیارد تن منابع در مجموع، ٤٩٠ میلیون تن را به انرژی تبدیل کرده و ٥٨٠ میلیون آن را تخلیه و به پسماند تبدیل کرده است.
هند	برداشت از کشورهای غربی و اروپایی	ریزدانگی، جمعیت، بعد خانوار، بیکاری	سوزاندن و دفن پسماند	چالش‌های محیط‌زیستی
مکزیک	سیاست خاصی در راستای کاهش و مدیریت پسماند وجود ندارد/سنتی	ریزدانگی، بعد خانوار	دفن/سوزاندن	چالش‌های اقتصادی و محیط‌زیستی با افزایش جمعیت افزایش پیدا می‌کند.
مصر	تأکید بر استفاده مجدد از مواد بازیافتی	نوع کاربری، جمعیت	سوزاندن/دفن و تفکیک	چالش محیط‌زیستی
شیراز	فرهنگ‌سازی/سیاست‌های تشویقی و مکانیزه کردن سیستم مدیریت پسماند	نوع کاربری، جمعیت، بعد خانوار	تفکیک/بازیافت و دفع	کاهش میزان تولیدی پسماند
مشهد	مکانیزه کردن و فرهنگ‌سازی	نوع کاربری، جمعیت،	تفکیک/بازیافت و دفع	کاهش میزان تولیدی پسماند

(منبع: Y. Moriguchi, 2009 ((Facts and Figures, 2011). (EEA, 2012). (Yolin,Christine, 2015). (عبدلی،۱۳۷۸: ۷۸). (WWW.WMO.Mashhad.ir)

(WWW.Waste.Shiraz.ir)

گسترده‌ای بر میزان پسماند شهری اثر می‌گذارند. در جدول ۲ به مواردی اشاره شده است.

در مجموع در بررسی نمونه‌های موردی عامل‌های تولید عموماً به‌صورت یکسان بوده ولی شیوه‌های برخورد با مدیریت پسماند و دفن و دفع پسماند بستگی به عوامل گسترده‌ای داشته است. از جمله عوامل مهم که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد بحث میزان زمین و مساحت کشورها بوده که رابطه مستقیمی با نوع دفن پسماند داشته‌اند.

مشخص گردید که هر یک از کشورهای مورد مطالعه در کنار شهر مورد بررسی به یک نوع نظام مدیریت و برنامه‌ریزی ساختار یافته‌ای در برابر پسماند شهری دست یافته‌اند. البته بررسی‌های جامع عوامل تولیدکننده پسماند را در تمامی موارد حول عوامل اقتصادی، عوامل اجتماعی و فرهنگی، عوامل محیطی و کالبدی دسته‌بندی کردند. در مطالعات صورت‌گرفته مشخص شد که عمده فعالیت‌های شهری و ویژگی‌های اقتصادی و کالبدی به‌طور ملموسی بر میزان پسماند تولیدی اثر می‌گذارد.

در بررسی پیشینه‌های پژوهش و همچنین بررسی تجارب و بررسی صورت گرفته از گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۱۶ مجموع ۳۰ متغیر به‌عنوان متغیرهای اثرگذار بر پسماند شهری شناسایی شدند:

کالبدی: معابر، ریزدانگی، درشت دانگی، تعداد اتاق کم - زیاد، کاربری‌های شهری مسکونی، تجاری، اداری، بهداشتی، آموزشی، مذهبی، فضای سبز، صنعتی، تفریحی و ورزشی، مختلط مسکونی و تجاری، مختلط مسکونی و اداری، مختلط اداری و تجاری، مختلط مسکونی و غیره، مختلط غیرمسکونی؛

ابعاد اجتماعی: جمعیت، تراکم جمعیتی، نسبت جنسی، تحصیلات، مهاجرت، بیکاری؛

ابعاد اقتصادی: جمعیت فعال، مشارکت اقتصادی، درآمد، قیمت زمین، جمعیت غیرفعال.

ویژگی‌های کالبدی - محیطی: ویژگی‌های کالبدی عموماً به کالبد فضای شهری اشاره می‌کنند. عمدتاً این ویژگی بر نوع کاربری‌ها و اثرگذاری آن‌ها بر پسماند شهری و نوع پسماند تولیدی اثر می‌گذارند.

این ویژگی سبب بروز چالش‌های عمده‌ای در بخش کالبدی می‌شود که عموماً در فضای شهری رخ می‌دهد و سبب کاهش کیفیت محیط‌های شهری می‌شود. از جمله متغیرهای مهم در بعد کالبدی می‌توان به ریزدانگی، تراکم ساختمانی و ویژگی‌های عملکردی اشاره کرد.

ویژگی‌های اقتصادی: در فرهنگ لغت آکسفورد اقتصاد اینگونه تعریف شده است: ارتباط میان تولید، تجارت و عرضه پول در یک کشور یا منطقه مشخص *(Oxford Advanced Learner's Dictionary,2000)*. به‌طور کلی اقتصاد فرآیندی است که فرهنگ‌ها، ارزش‌ها، سازمان‌ها و ساختار و تکنولوژی و هر آنچه پیرامون ما بوده است را در بر می‌گیرد. مؤلفه‌های اقتصادی از جمله موارد اثرگذار بر پسماند شهری است که چالش‌های اقتصادی عمده‌ای بر سیستم مدیریت شهری وارد می‌کند.

ویژگی اجتماعی: مؤلفه‌های اجتماعی چالشی درون شهری به‌شمار می‌رود که از موضوع پسماند نشأت می‌گیرد و در سیستم مدیریت شهری به‌عنوان عامل پنهان مطرح بوده است. نسبت جنسی گروه‌ها در مناطق و میزان تحصیلات و تراکم جمعیتی از جمله متغیرهای مهم در این ویژگی به‌شمار می‌رود.

۳- روش تحقیق

این پژوهش از نوع کاربردی - توسعه‌ای است و روش آن توصیفی - تحلیلی (قیاسی) به‌شمار می‌رود. اگر به ماهیت پارادایم روش فعلی نگاهی بیندازیم می‌توانیم ۳ جز هستی‌شناسی که موضوع میزان تولید پسماند شهری (متغیر وابسته) و روابط آن با عوامل اثرگذار (متغیرهای مستقل) را در کنار معرفت‌شناسی که متشکل از روش کمی و کیفی نشأت گرفته و قیاسی تعبیر گردیده را مشاهده کنیم. پس از بررسی متغیرها و جمع‌آوری اطلاعات مربوطه با استفاده از نرم‌افزار GIS به تحلیل توزیع فضایی پسماند تولیدی در شهر پرداخته می‌شود.

بخش اولیه پژوهش به‌صورت اکتشافی و مشخص کردن ارتباط بوده و پس از تأیید ارتباط با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و ترکیب رگرسیون موزون جغرافیایی با آن نحوه اثرگذاری و نوع رابطه و پیش‌بینی‌های آتی صورت می‌گیرد. علت استفاده از شبکه عصبی مصنوعی را می‌توان در نوع داده‌های غیرخطی و اثرپذیری دقیق‌تر داده‌ها در نظر گرفت. حجم مطالعاتی در این پژوهش شامل ۲۲ منطقه شهر تهران، ۱۲۳ ناحیه شهر تهران (۱۱۶ ناحیه به دلیل وجود اطلاعات تکمیلی تا سال ۹۳ - ۱۳۹۰ در سطح نواحی تهران)، ۴۰۳۲۳ حوزه آماری و ۸۹۵۲۴۷ کاربری شهری بوده است *(رفیعیان، مجتبی و همکاران،۱۳۹۵)*.

دسته‌بندی اطلاعات در ۳ فاز صورت گرفت. فاز اول اطلاعات مربوط به سازمان پسماند شهرداری تهران می‌باشد که اطلاعات مورد نیاز پیرامون پسماند شهری از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ را در اختیار قرار داد.

فاز دوم اطلاعات مربوط به مرکز آمار می‌شود که اطلاعات مربوط به بخش‌های جمعیتی و مؤلفه‌های اجتماعی را در اختیار گذاشت؛ و در انتها فاز سوم جمع‌آوری اطلاعات مربوط به شهرداری تهران بوده که اطلاعات مفیدی پیرامون عملکرد شهری و معابر شهری را در اختیار قرار داد. علت استفاده از ناحیه‌های شهر تهران برای تحلیل به خاطر معنادارای مناسب در این سطح است. از این رو کلیه اطلاعاتی که در حوزه‌های آماری و پارسل‌های شهرداری بوده باید در سطح ناحیه قرار می‌گرفت. بدین منظور از فرآیند شکست و تجمیع اطلاعات استفاده شد.

تحلیل رگرسیون: یکی از مهم‌ترین مدل‌های رگرسیونی عمومی، مدل حداقل مربعات عمومی (OLS)[1] است. عمده‌ترین مشکل اصلی مدل هار رگرسیونی کلاسیک و مدل حداقل مربعات عمومی ثابت فرض کردن شرایط مکانی و ویژگی‌های محیطی می‌باشد. کاربرد مدل OLS در پژوهش‌هایی که بعد مکانی در آن اثرگذار هستند و خود همبستگی فضایی و ناهمگنی فضایی در آن اثرگذارند مقدور نمی‌باشد. یکی از روش‌های جدید برای دستیابی به دقت بالاتر در تحلیل روابط متأثر از فضا روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی است ***(Damodar N Gujarati,2008)***.

در این نوع از رگرسیون‌ها عامل‌های مکانی و فضایی بر نتایج تحلیل اثرگذار بوده و سبب بهبود کارایی مدل، نتایج و خروجی مدل می‌شود. GWR یا رگرسیون موزون جغرافیایی تکنیکی آماری برای تحلیل داده‌های فضایی است که به‌صورتی متفاوت به درک آسان‌تر ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته در مدل می‌پردازد. نقشه‌هایی که از این داده‌های فضایی حاصل می‌شوند نقش کلیدی در تحقیق و تفسیر شرایط موجود بازی می‌کنند. در اینجا تخمین متغیر وابسته از میان ترکیب خطی متغیرهای مستقل به‌دست می‌آید. طبق برآورد کننده OLS داریم:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (۱)$$

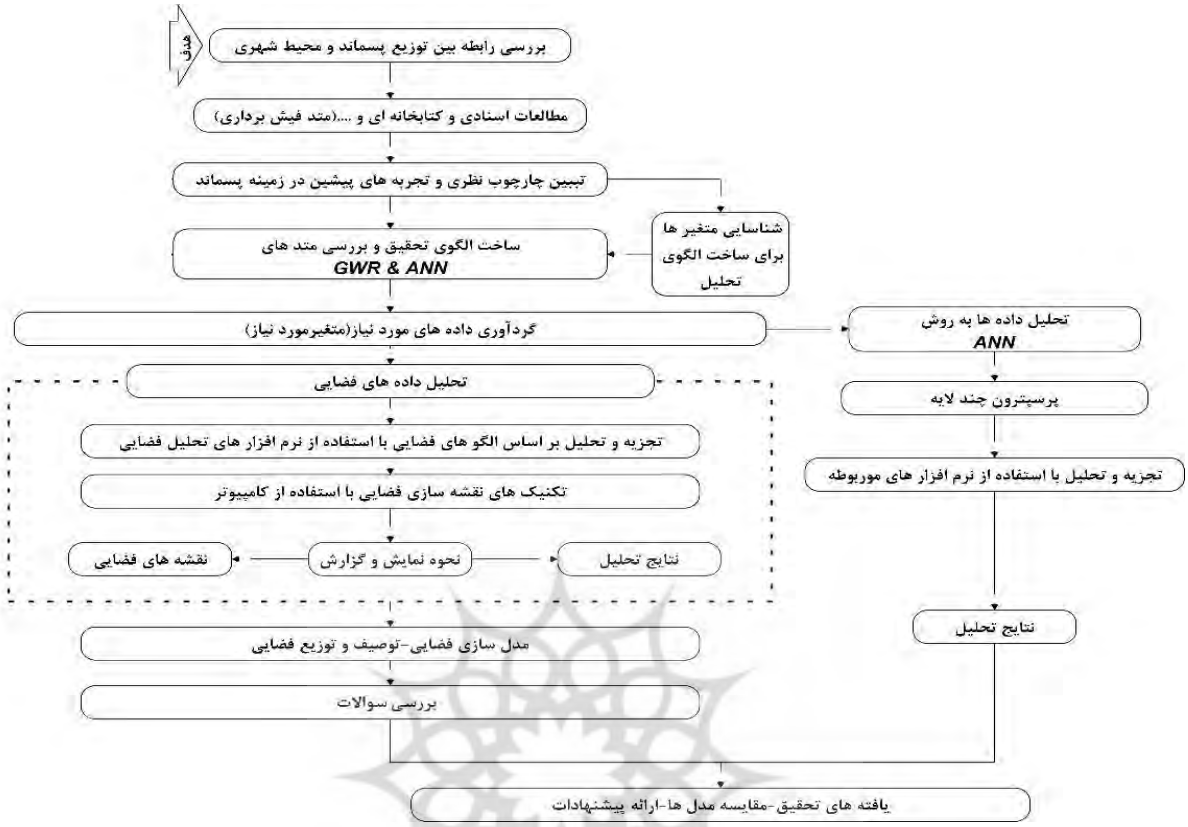
$\hat{\beta}$ بردار پارامترهای تخمین زده شده، X ماتریس متغیرهای مستقل، y بردار مقادیر مشاهده شده و $(X^T X)^{-1}$ معکوس ماتریس واریانس کوواریانس است. گاهی اوقات به دلیل نامشخص بودن داده‌ها در سطوح مختلف از مؤلفه وزن مشاهدات در یک معادله رگرسیون می‌توان استفاده کرد. ماتریس وزن W به‌صورت یک ماتریس مربع قطری است که تخمین پارامترها توسط این وزن‌دهی تعدیل می‌گردد ***(Bramston,2002)***.

$$\hat{\beta} = (X^T W X)^{-1} X^T W y \quad (۲)$$

مشاهدات نزدیک‌تر به هر موقعیت، دارای وزن بیشتر و مشاهدات دورتر، دارای وزن کمتری هستند. مجموعه‌ای از داده‌ها شامل یک متغیر وابسته y، m متغیر مستقل $Xk, k=1\ldots m$ و برای هر n مشاهده، سنجه‌ای از موقعیت این مشاهدات در یک سیستم مختصات مناسب در دسترس است. معادله GWR آن براساس رگرسیون OLS به‌صورت رابطه (۳) خواهد بود:

$$yi(u) = \beta 0i(u) + \beta 1i(u)x1i + \beta 2i(u)x2i + \ldots + \beta mi(u)xmi \quad (۳)$$

1- Ordinary Least Squares



نگاره ۱: روش پژوهش

نماد $\beta 0i(u)$ شانگر این است که پارامتر، ارتباطی را در اطراف موقعیت u توصیف می کند که مخصوص همین موقعیت است *(احمدیان، علیرضا: ۱۳۸۸)*.

همچنین برای پیش‌بینی تغییرات در میزان پسماند تولیدی و مقایسه آن با نتایج مدل‌های رگرسیونی از شبکه عصبی مصنوعی در این پژوهش استفاده می‌شود. نقطه قوت شبکه‌های عصبی پردازش موازی اطلاعات موجود در داده‌ها است، این‌گونه از شبکه‌ها نیازمند هیچ‌گونه پیش فرضی در مورد شکل و ساختار مدل در فرآیند مدل‌سازی خود نیستند و به‌طور کلی یک مدل کاملاً مبتنی بر داده هستند *(نریمانی،۱۳۹٤)*. تقسیم‌بندی داده‌ها جهت ورود به شبکه عصبی مصنوعی به سه دسته کلی تقسیم می‌شود: داده‌های آموزشی[1]، داده‌های اعتبارسنجی[2] و داده‌های تست (آزمایشی[3]). مهم‌ترین مزیت شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به روش‌های رگرسیونی در پیش‌بینی و مدل‌سازی یک الگو براساس داده‌های ورودی و هدف و عدم نیاز به یک مدل اولیه در ارتباط دادن بین داده‌های ورودی و خروجی می‌باشد. خروجی پیش‌بینی براساس روابط و ماهیت بین داده‌ها صورت می‌گیرد. در واقع پیش‌بینی براساس روابط ذاتی میان داده‌های مدل خطی و یا غیرخطی متغیرهای مستقل و وابسته می‌باشد *(کیا،۱۳۹۷)*. فرآیند نگاره ۱ کلیت مدل استفاده شده در این پژوهش را بیان می‌کند:

این مدل از سه بخش کلی تشکیل شده که بخش اول پیرامون ساخت مدل پژوهشی و متغیرهای ورودی به مدل بوده و بخش دوم تحلیل رگرسیون جغرافیایی و بخش سوم هم شبکه عصبی مصنوعی است. پیش پردازش ورودی مدل به‌صورت نگاره ۲ می‌باشد:

1- Training
2- Validation
3- Testing

نگاره ۲: پیش‌پردازش ورودی مدل

همان‌گونه که در نگاره ۲ نمایان می‌باشد، اطلاعات آماری پس از جمع‌آوری به علت وجود برخی از متغیرها و همچنین اصل اول مدل‌های رگرسیونی که نرمال بودن اطلاعات آماری است، پس تمامی اطلاعات جمع‌آوری شده مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر اطلاعات از توزیع نرمالی برخوردار بود وارد فرآیند غربال‌گری می‌شود و اگر نرمال نباشند (اطلاعات ابعاد اقتصادی) با استفاده از روش‌های نرمال کردن اطلاعات با متد باکس کاکس نرمال می‌شود و در چرخه غربال‌گری قرار می‌گیرند. پس از نرمال‌سازی متغیرها به منظور بررسی معناداری رابطه میان متغیر وابسته و مستقل و شدت رابطه و همچنین نوع رابطه از هم بستگی پیرسون استفاده می‌کنیم. البته تحلیل رگرسیون اکتشافی[1] نیز به تنهایی می‌توانست میزان همبستگی را مشخص کند اما استفاده از روش تحلیل رگرسیون برای بررسی میزان هم خطی داده‌ها بر روی هم ارزیابی بهترین ترکیبات معنی‌دار ممکن متغیرهای توضیحی (مستقل) کاندید ورود می‌شود و بهترین مدل رگرسیون ols که بهترین تشریح از متغیر وابسته را داشته باشد. مقدار عامل تورم واریانس باید کوچک‌تر از ۷/۵ باشد تا متغیر به‌عنوان ورودی مدل انتخاب شود *(صارمی، و همکاران،۱۳۹۶)* (VIF<7/5).

در جدول ۳ میزان همبستگی به روش پیرسون مورد تحلیل قرار گرفته است (P-value<0/05). پس از بررسی همبستگی میان متغیرها با میزان پسماند شهری تعداد ۹ متغیر از فرآیند کلی حذف شده و ۲۱ متغیر برای ادامه مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین نتایج تحلیل اکتشافی از میان ۲۱ متغیر ۳ متغیر دارای هم‌خطی بوده که از مدل کنار گذاشته می‌شوند و ۱۸ متغیر برای ورود به مدل رگرسیون مربعات با توجه به ضرایب تحلیل اکتشافی آماده می‌شوند.

متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش بعد از غربال‌گری برای ورود به مدل‌های رگرسیونی شامل: در ابعاد کالبدی مثل: معابر، کاربری‌های شهری (۷)، ریزدانگی، مساحت واحدهای بالای ۲۰۰ متر، تعداد اتاق‌های هر واحد مسکونی (کمتر از ۲ واحد یا بیشتر از ٤ واحد)، متغیرهای ابعاد اجتماعی مثل مهاجرت، نسبت جنسیت، تراکم جمعیتی، بیکاری و متغیرهای ابعاد اقتصادی مثل: درآمد، قیمت زمین بوده است. پس از غربالگری های صورت‌گرفته در نهایت از رگرسیون موزون جغرافیایی هم در نرم‌افزار GIS به‌صورت

1- Exploratory regression

جدول ۳: میزان همبستگی و عامل تورم واریانس میان متغیرهای مورد استفاده

ابعاد	متغیر	کد	همبستگی پیرسون	سطح خطا	VIF
کالبدی (۱۹)	نسبت معابر موجود در هر ناحیه به مساحت هر ناحیه	X1	۰/۲۴۷**	۰/۰۰۴	۱/۴۲
	نسبت ریزدانگی در هر ناحیه به مساحت هر ناحیه (کمتر از ۵۰ متر)	X17	۰/۴۷۲**	/۰۰۰	–
	نسبت واحد هایی با تعداد اتاق کمتر از ۲ به مساحت هر ناحیه	X15	۰/۴۷۶**	/۰۰۰	۴/۳۱
	نسبت واحد های ۲۵۰ متری به بالا به مساحت هر ناحیه	X18	۰/۴۹۶**	/۰۰۰	۳/۷۳
	نسبت واحد هایی با تعداد اتاق بیشتر از ۴ به مساحت هر ناحیه	X16	۰/۵۶۱**	/۰۰۰	–
	نسبت مساحت کاربری‌های مسکونی به مساحت هر ناحیه	X2	۰/۵۳۹**	/۰۰۰	۲/۸۸
	نسبت مساحت کاربری‌های تجاری به مساحت هر ناحیه	-	۰/۰۶۶۰۷۵۴۰۴	/۴۸۱	–
	نسبت مساحت کاربری‌های بهداشتی-درمانی به مساحت هر ناحیه	X4	۰/۲۵۹**	/۰۰۵	۱/۵۹
	نسبت مساحت کاربری‌های آموزشی به مساحت هر ناحیه	X3	۰/۳۵۰**	/۰۰۰	۱/۲۲
	نسبت مساحت کاربری‌های مذهبی-فرهنگی (جهانگردی) به مساحت هر ناحیه	-	۰/۰۶۸۷۶۷۲۹۲	/۴۶۳	–
	نسبت مساحت کاربری‌های اداری به مساحت هر ناحیه	-	۰/۰۰۵۸۷۷۲۱	/۹۵	–
	نسبت مساحت کاربری‌های فضای سبز به مساحت هر ناحیه	X5	۰/۱۹۳*	/۰۳۸	۲/۳۳
	نسبت مساحت کاربری‌های خدماتی-تاسیساتی به مساحت هر ناحیه	-	۰/۰۹۹۳۴۰۱۳۸	/۲۸۹	–
	نسبت مساحت کاربری‌های صنعتی به مساحت هر ناحیه	-	۰/۰۷۱۷۶۷۸۸۷	/۴۴۴	–
	نسبت مساحت کاربری‌های تفریحی-ورزشی به مساحت هر ناحیه	-	۰/۱۲۹۸۷۹۵۵۴	/۱۶۵	–
	نسبت مساحت کاربری‌های مختلط مسکونی-تجاری به مساحت هر ناحیه	X6	۰/۴۲۷**	/۰۰۰	۲/۳۲
	نسبت مساحت کاربری‌های مختلط اداری-تجاری به مساحت هر ناحیه	X7	۰/۲۸۵**	/۰۰۲	۱/۲۱
	نسبت مساحت کاربری‌های مختلط مسکونی و غیره به مساحت هر ناحیه	X8	۰/۳۱۸**	/۰۰۰	۱/۳۴
	نسبت مساحت کاربری‌های مختلط غیر مسکونی به مساحت هر ناحیه	-	۰/۰۵۸۶۲۹۵۲۶	/۵۳۲	–
اجتماعی (۶)	نسبت جمعیت در هر ناحیه به مساحت هر ناحیه	X12	۰/۵۳۷**	/۰۰۰	۲/۵۳
	نسبت بیکاری در هر ناحیه به جمعیت هر ناحیه	X9	۰/۲۲۶*	/۰۱۵	۲/۲۰
	نسبت جنسی در هر ناحیه به جمعیت هر ناحیه	X10	۰/۶۸۱**	/۰۰۰	۳/۵۲
	نسبت تحصیلات در هر ناحیه به جمعیت هر ناحیه	-	۰/۰۶۵۱۷۷۵۲۹	/۴۸۹	–
	نسبت مهاجرت در هر ناحیه به جمعیت هر ناحیه	X13	۰/۲۲۶*	/۰۱۵	۱/۵۹
	نسبت تعداد خانوار در هر ناحیه به جمعیت هر ناحیه (بعد خانوار)	-	۰/۹۴**	/۰۰۰	۱۳/۵۸
اقتصادی (۵)	نسبت جمعیت فعال در هر ناحیه به جمعیت هر ناحیه	-	۰/۸۳۶**	/۰۰۰	۱۱/۱۳
	نسبت مشارکت اقتصادی در هر ناحیه به جمعیت هر ناحیه	-	-۰/۰۱۰۷۸۵۴۳۲	/۹۰۹	–
	نسبت درآمد در هر ناحیه به جمعیت هر ناحیه	X14	۰/۷۶۴**	/۰۰۰	۳/۲۳
	نسبت قیمت زمین در هر ناحیه به مساحت هر ناحیه	X11	۰/۵۶۱**	/۰۰۰	۲/۱۲
	نسبت جمعیت غیر فعال در هر ناحیه به جمعیت هر ناحیه		۰/۷۹۰**	/۰۰۰	۱۱/۷۹

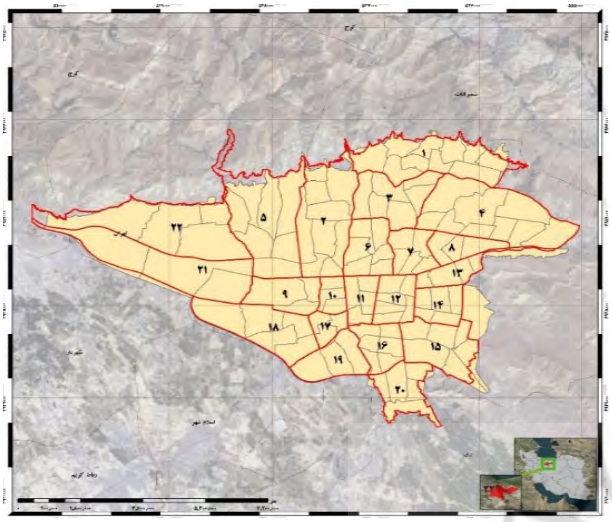
* همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنا دار است.
** همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنا دار است.

مکانی و در نرم‌افزار GWR4 به‌صورت عددی استفاده می‌شود. برای پیش‌بینی بر اساس ماهیت داده‌های پسماند شهری از شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌شود.

ساختار شبکه عصبی پرسپترون به‌کار رفته در این پژوهش شامل یک لایه ورودی، دو لایه پنهان و یک لایه خروجی می‌باشد. به‌علت استفاده از طیف داده‌های سالانه و کاهش میزان خطای شبکه از دو لایه پنهان استفاده شده است. (طی فرآیند تکرار و آموزش، شبکه یک لایه و سه لایه نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج با دو لایه پنهان با دقت بالاتری بیان شده بود). تعداد نورون های استفاده شده در لایه های پنهان برابر با ۵ نورون بوده است.

٤- یافته‌های پژوهش

تهران براساس آمار استخراج شده از سال ۱۳۹۵ دارای ۱۲۳ ناحیه و ۳٥٤ محله می باشد.(در این پژوهش ۱۱٦ ناحیه به دلیل وجود اطلاعات در سطح پسماند شهری انتخاب شده است) جمعیت از جمله متغیر های مهم و تأثیرگذار در فضای شهری به‌شمار می‌رود که بر برنامه‌ریزی و مدیریت شهری به‌طور مستقیم اثر می‌گذارد. از سال ۱۳۹٤ به بعد نیز روند افزایش پسماند به نسبت سال‌های قبل مطرح بوده است. در کنار این موضوع بحث جمعیت و رابطه مستقیم آن با میزان پسماند شهری مطرح می‌شود. جمعیت شهر تهران همواره در حال افزایش بوده است. این افزایش در کنار افزایش میزان پسماند تولیدی مطرح می‌گردد؛ اما این فرضیه ثابت نبوده و مشخص است که در سال ۱۳۹۱ و ۹۲ با افزایش جمیعت میزان پسماند شهری روندی کاهشی داشته است. در نقشه ۱ جایگاه مناطق و نواحی شهری تهران قابل ملاحظه است:



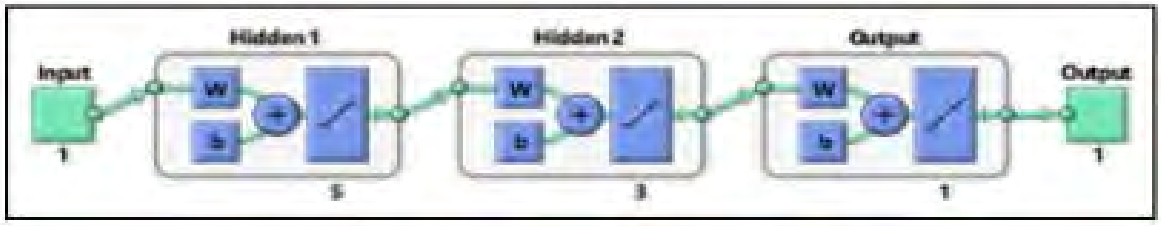
نقشه ۱: موقعیت مناطق ۲۲گانه شهر تهران.

(منبع: شهرداری تهران)

در جدول ٤ میزان جمعیت و پسماند شهری در یک بازه زمانی ۱۰ ساله قابل مشاهده است.

هدف از برازش مدل رگرسیون عمومی در این پژوهش بررسی میزان کارایی مدل رگرسیون موزون جغرافیایی در توضیح ناهمسانی فضایی و همچنین بررسی میزان اثرگذاری متغیرهای تأثیرگذار بر تولید پسماند شهری است. درادامه نتایج مدل رگرسیون کلاسیک و موزون جغرافیایی مطرح گردیده است. برآورد نتایج تحلیل رگرسیون حداقل مربعات در نرم‌افزار GIS,GWR.4 به شرح جدول ۵ می‌باشد:

میزان عامل تورم واریانس بیانگر میزان هم‌خطی در مدل بوده است (VIF<7.5). میزان عامل تورم واریانس در جدول



نگاره ۳: ساختار شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده در پژوهش

جدول ٤: سرانه تولید پسماندهای جامد شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۵

عنوان	سال ۱۳۸۵	سال ۱۳۸۶	سال ۱۳۸۷	سال ۱۳۸۸	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	سال ۱۳۹۱	سال ۱۳۹۲	سال ۱۳۹۳	سال ۱۳۹۴	سال ۱۳۹۵
جمعیت	۷۸۱۱۲۳۰	۷۸۹۸۷۲۸	۷۸۸۵۳۹۷	۷۹۷۳۹۵۰	۷۰۶۳۴۹۷	۷۱۵۴۰۵۱	۷۲۵۹۲۳۳	۷۳۶۵۶۸۵	۷۴۷۳۶۸۵	۷۵۸۲۹۹۱	۷۶۹۳۸۰۶
پسماند شهری (تن)	۲۵۵۴۶۱	۲۵۵۲۷۴۹	۲۸۴۵۳۰۱	۳۰۳۶۱۹۱	۲۹۵۰۱۹۱	۳۱۳۰۶۶۲	۳۱۱۰۵۲۱	۲۹۴۱۷۰۵	۲۹۸۲۴۰۷	۳۱۰۲۰۹۲	۳۲۴۰۷۴۹
سرانه (گرم)	۹۰۹	۸۹۷	۹۵۴	۱۰۴۳	۱۰۰۲	۱۰۵۲	۱۰۳۲	۹۶۶	۹۶۴	۹۹۰	۱۰۲۱

منبع: شهرداری تهران

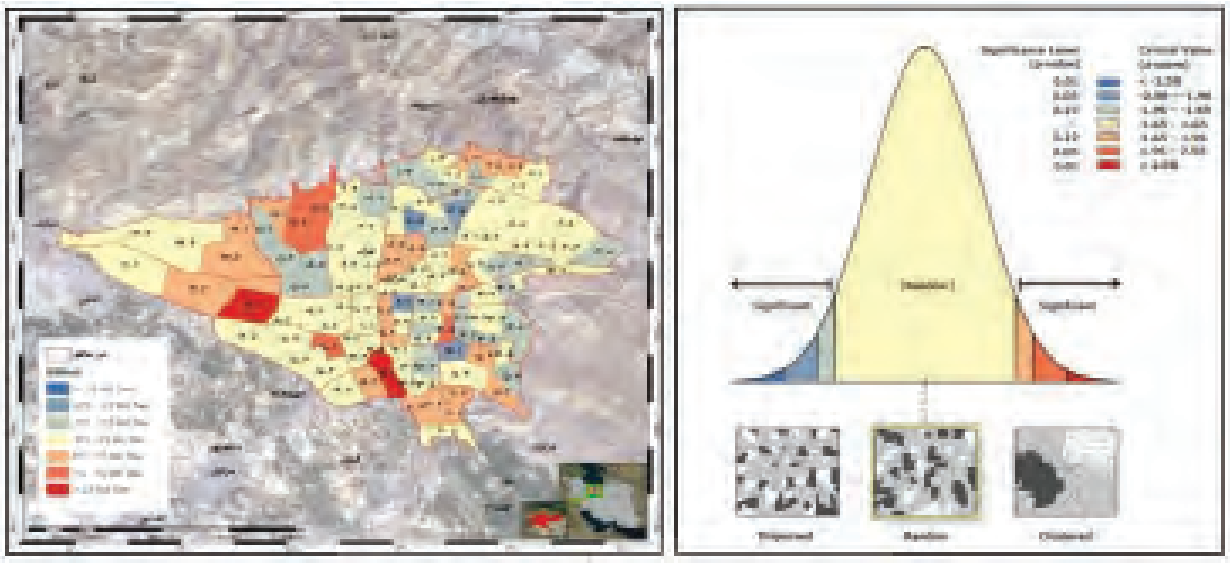
(آمار جمعیتی سال‌های ۸۵، ۹۰ و ۹۵ از مرکز آمار و سازمان پسماند شهرداری تهران استخراج شده است).

جدول ۵: نتایج روش رگرسیون حداقل مربعات

متغیر	ضریب	مقدار آماره T	ارزش احتمالی	مقدار VIF	متغیر	ضریب	مقدار آماره T	ارزش احتمالی	مقدار VIF
Intercept −۹/۷۸۳		−۱/۱۹۵	–	–	X9	−۰/۶۸۰۱	−۲/۸۴۱	۰/۰۰۲۳۹۴	۲/۴۳۳
X1	−۰/۰۰۴۵	−۰/۸۳۲	۰/۰۰۰۵۴	۱/۷۴۵	X10	۰/۲۰۶۳	۲/۶۱۴	۰/۰۰۰۷۸۹	٤/٤۱۸
X2	−۰/۰۰۱۱	۲/۹۲۳	۰/۰۰۰۰۳	۳/۳۳۰۳	X11	−۱/۰۳٤	−۱/۸۹۳	۰/۵٤٦۱۸۹	۷/۵۲
X3	۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۳۲	۰/۰۰۰۰۱۵	۱/۱۰۹۰	X12	٦/۳۵۹	۲/۵۹۵٦	۲/۱٤۸۵۰	۳/۱۷٤۵
X4	۰/۱٦۲۲	۱/۱۲٦	۰/۰۰۱٤٤۰	۱/۷۱۳	X13	۵/۸۹۳	۰/٦٦۵٦	۰/۸۸۵٤۳۱	۱/۱۷۰۳
X5	۰/۰۰۰۱۰	۰/٦۸۲	۰/۰۰۰۰۲	۱/۹۳۳۵	X14	۷/۵۰۷	۱/۲۰۳۰۳	۵/۸٦۰۸۲۳۰	۷/۵۲۲
X6	۰/۰۰۹۸	۳/۳۷۵	۰/۰۰۰۰۲۹	۲/۵۷٤	X15	۰/۱۰٦٦٤	۲/۹۹۵۱۰۷	۰/۰۰۳۵٦۰	۳/۹٦٤
X7	−۰/۰٤۹	−۲/٤۱	۰/۰۰۰۲۰۷	۱/۳۰۵۳	X16	۰/۳۳۵۸	۲/۱۸۳۳۱٤	۰/۰۰۱۵۳۸	٦/۰۲۵
X8	۰/۰۰۰۲	۰/۳۵۱۱	۰/۰۰۰۰۰۵	۱/۳۹۲٤	X17	۰/۰۰٤۱	۰/۰٤۰۲	۰/۰۰۱۰۰۸	٦/۲۰۱
اماره Koenker			۲۰/٤۸۵۰٦٤		X18	۰/۱۹۱۰	۱/٦۱۷	۰/۰۰۱۱۸۱	۷/۱۲٦
ضریب تعیین تعدیل شده		۰/۸۱۵	اماره Jarque-Bera		۱٤۳/۳۹٦۲٤۸	آماره F			۲۹/۱۷٦۰۲٦
ضریب تعیین		۰/۸٤٤	مقدار احتمال		۰/۸٤	مقدار AICc			۹٦۸/۲۹۹۸٤۰
مجموع مربعات باقی مانده		۱۸۸۰۸/٦٦٤۲۹۸	مقدار احتمال		۰/۰۰۰				

۵ بیانگر این موضوع بوده است که متغیر X14 میزان نسبی بالایی از حد مشخص داشته و باید کنترل و احتیاط در استفاده از این متغیر مد نظر قرار داده شود. ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده بیان می‌کند که ۱۸ متغیر مذکور در مدل می‌تواند ٨٤ درصد میزان پسماند شهری را پیش‌بینی کند.

آماره F نشان دهنده اهمیت مدل است. به بیان دیگر آماره F به‌دنبال بررسی این موضوع است که آیا مدل رگرسیونی تحقیق مدل مناسبی است یا خیر. (متغیرهای مستقل قادر هستند به خوبی تغییرات متغیر وابسته را توضیح دهند یا خیر) میزان ۲۹/۱۷ بیانگر این موضوع است که مدل انتخابی مدلی کارا و صحیح بوده است. آماره Koenker زمانی که معنی‌دار باشد (P<0.05) نشان می‌دهد روابط بین برخی از



نقشه ۲: مدل پیش‌بینی رگرسیون حداقل مربعات - نمودار خود همبستگی فضایی (شاخص موران)

متغیرها با متغیر وابسته غیرایستا است. این بدین معنا است مدل بی‌ثبات بوده و بهتر است از مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی استفاده کنیم.

آماره Jarque-Bera بیان می‌دارد که آیا مقدار باقی مانده مدل رگرسیون به‌طور معمول توزیع شده است یا خیر. این تست نباید معنادار باشد. در پژوهش حاضر، این آماره معنادار نبوده چرا که در ابتدا اطلاعات توسط روش‌هایی که بیان گردید، نرمال شدند ($P<0.05$).

٤-١- بررسی خودهمبستگی فضایی

بر طبق بررسی نقشه و نمودار ۲ می‌توان دریافت که ضریب موران در ارتباط با پسماند شهری دارای الگوی تصادفی است. الگوی تصادفی در ادامه فرآیند امکان استفاده از مدل رگرسیون فضایی جغرافیایی برای درک رابطه فضایی میان متغیر را ایجاد می‌کند. نزدیکی به عدد صفر نیز بیانگر فقدان خودهمبستگی و یا کم بودن میزان همبستگی است. با توجه به میزان باقی‌مانده مدل ols جدول ٦ را از شاخص موران داریم.

پس از بررسی خود همبستگی فضایی و مشخص شدن الگوی تصادفی و عدم وجود الگوی خاص در داده‌ها برای بررسی فضایی متغیرهای پژوهش از رگرسیون موزون جغرافیایی استفاده می‌کنیم. در این مرحله به بررسی رابطه فضایی میان متغیرها می پردازیم. جدول ۷ حاصل از نتایج مدل رگرسیون موزن جغرافیایی در نرم‌افزار GWR.4 بوده است.

جدول ٦: نتایج شاخص خودهمبستگی موران

شاخص‌های خود همبستگی	مقدار
شاخص موران	۰/۰۸۵۱
واریانس	۰/۰۰۱۸۲
z-score	۲/۱۹۵
p-value	۰/۰۲۸

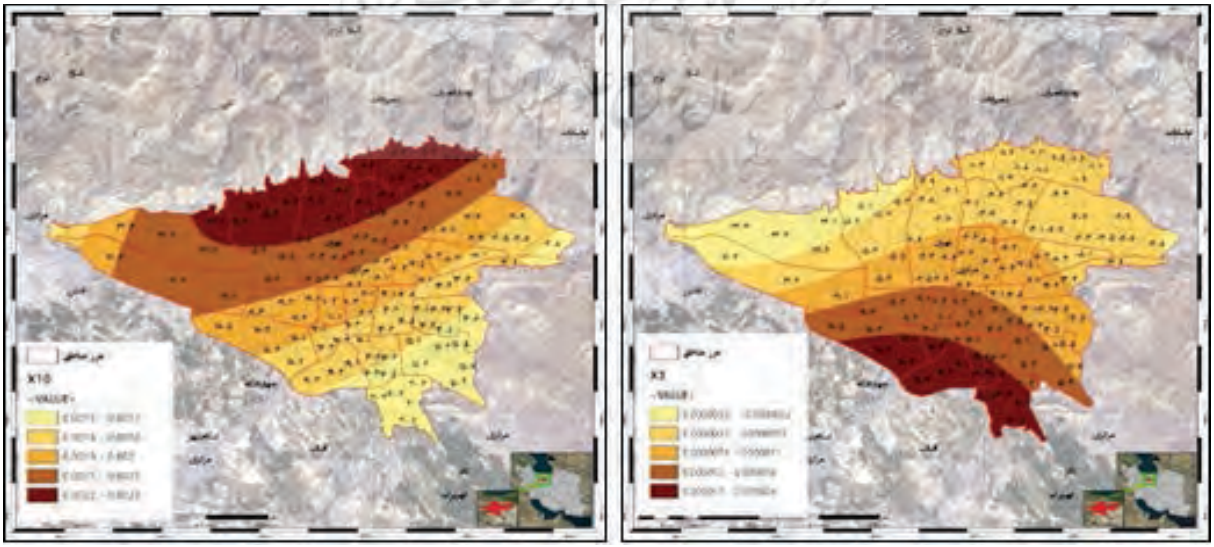
براساس نتایج جدول ۷ کاربری مسکونی، آموزشی، کاربری‌های مختلط مسکونی و تجاری، مختلط اداری و تجاری، قیمت زمین و درآمد، جمعیت، ریزدانگی و تعداد اتاق با توجه به یکسان بودن جهت تأثیرگذاری در تمام بخش های محدوده، نسبت به سایر متغیرهای استفاده شده و در مدل از ناهمسانی فضایی کمتری برخوردارند. نقشه ۳ ضرایب برای ۲ متغیر می‌باشد:

نتایج برآورد مدل به روش رگرسیون موزون جغرافیایی نشان می‌دهد که متغیرهایی مثل نسبت معابر به مساحت هر ناحیه با میزان پسماند شهری رابطه مستقیمی نداشته و رابطه آن به‌صورت منفی بوده است.

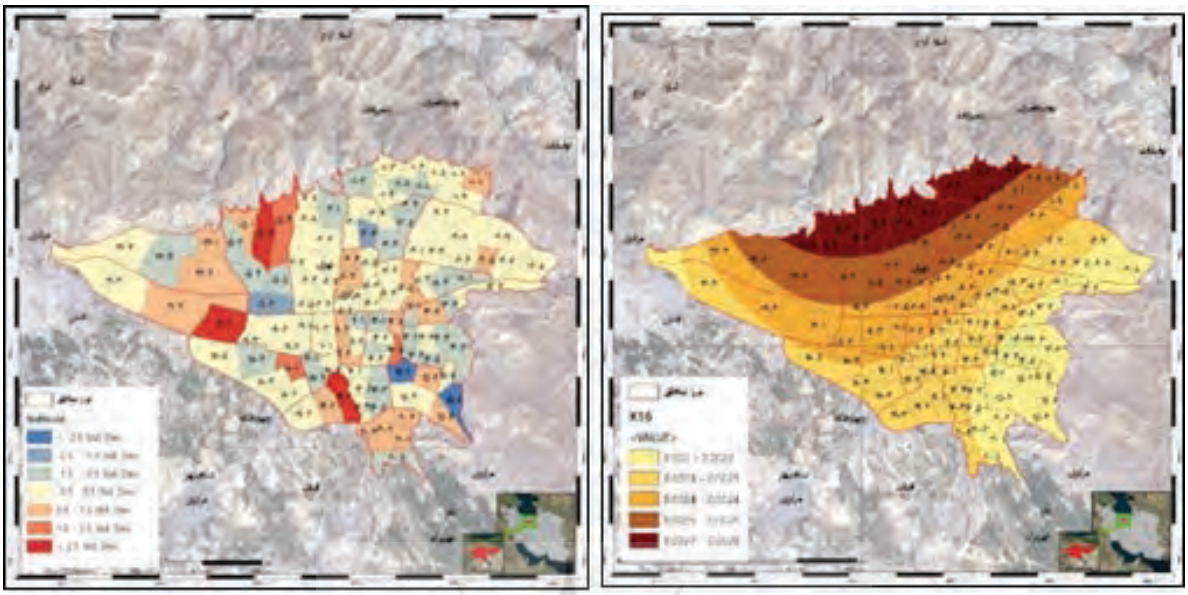
جدول ۷: نتایج رگرسیون وزنی جغرافیایی

متغیر	حداقل	میانگین	حداکثر	متغیر	حداقل	میانگین	حداکثر	مجموع مربعات باقی مانده	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده
مقدار ثابت	-۲/۱۰۰۱	-۷/۵۴۲۲	۶/۰۰۸	X10	۰/۰۰۰۱۵۵	۰/۱۱۹۶	۰/۰۰۱۹	۱۱۸۵۲/۱۱۳۲۶۹	۰/۹۰۱۷۵۷	۰/۸۵۲۶۰۵
X1	-۰/۰۰۱۴۱	-۰/۰۰۶۰	۰/۰۰۰۰۱۵	X11	-۲/۲۳۳	-۰/۹۶	-۰/۱۵۷			
X2	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۰۰۱۷	X12	۲/۷۲۹	۷/۳۵۴	۹/۹۱۲			
X3	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۰۰۴۴	X13	-۰/۳۰۷	۰/۱۸۶	۱/۴۴			
X4	-۰/۰۰۰۳۱۵	۰/۱۲۳۴	۰/۰۰۳۱۲	X14	-۲/۵۵	۵/۶۳	۱۶/۳۰			
X5	-۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۶	X15	۰/۰۰۲۱	۰/۹۲	۰/۰۱۴			
X6	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۷۷	۰/۰۰۰۱۱۳	X16	۰/۰۰۱۷	۰/۳۶	۰/۰۰۴۶			
X7	-۰/۰۰۰۷۸۴	-۰/۰۳۸۵	-۰/۰۰۰۲۰۷	X17	-۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۲۳			
X8	-۰/۰۰۰۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۶	X18	-۰/۰۰۰۴۵۷	۰/۱۳۱۰	۰/۰۰۲۳۹			
X9	-۰/۰۰۵۷۸۶	۰/۴۰۳۳	۰/۰۴۸۶							
مقدار AICc		۹۵۸/۶۱۹۹۸۲		اماره CV		۵۶۱/۲۸۲۰۹۶		آماره AIC		۹۳۱/۵۶۷۶۸۱

به بیان دیگر با افزایش تعداد معابر میزان پسماند شهری افزایش پیدا نمی‌کند. این موضوع در مناطق مثل ۲۲ و ٤ به‌عنوان نمونه‌های موردی مطرح است نواحی که میزان معابر به نسبت ناحیه آن‌ها بیشتر بوده ولی میزان پسماند شهری آن به تبع میزان پسماند روندی افزایشی نداشته و تأثیری بر میزان پسماند شهری نداشته است. متغیر دیگر که به‌طور میانگین رابطه منفی با میزان پسماند شهری دارد متغیر نسبت قیمت زمین به مساحت هر ناحیه بوده است. این متغیر بیان می‌دارد که صرف بالا بودن قیمت زمین بر میزان پسماند شهری اثرگذار نبوده است. کاربری‌های



نقشه ۳: ضرایب مدل GWR برای ۲ متغیر (معابر، کاربری‌های مسکونی، نسبت جنسی)



نقشه ٤: ضرایب نسبت تعداد اتاق، باقی‌مانده مدل GWR

مختلط تجاری و اداری نیز رابطه منفی با میزان پسماند شهری دارد به بیان دیگر میزان کاربری‌های تجاری و اداری سبب افزایش میزان پسماند شهری در هر ناحیه نمی‌شود. تراکم جمعیتی از جمله متغیرهای مهم در افزایش میزان پسماند شهری بوده است.

وجود ضریب مثبت در این متغیر بیانگر این موضوع است که با افزایش میزان تراکم جمعیتی در یک ناحیه میزان پسماند شهری نیز افزایش پیدا می‌کند. این متغیر در نواحی جنوب‌غربی به‌عنوان متغیر پیش‌بینی‌کننده قوی مطرح است؛ یعنی با افزایش تراکم جمعیتی در این نواحی میزان پسماند شهری افزایش پیدا می‌کند. مناطق مربوط به رنگ گرم بیانگر وجود یک متغیر قوی بوده است. مناطق آبی‌رنگ هم مناطقی هستند که متغیرها نسبت ضعیف برای پیش‌بینی بوده‌اند.

٤-۲- شبکه عصبی مصنوعی

در این مرحله به منظور پیش‌بینی بر اساس روابط ذاتی میان متغیرها از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌کنیم. مهم‌ترین مزیتی که شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به روش رگرسیون‌ها به منظور پیش‌بینی و مدل‌سازی یک الگو دارند عدم نیاز به یک مدل اولیه در ارتباط دادن بین داده‌های ورودی و خروجی می‌باشد.

ساختار شبکه عصبی مصنوعی در واقع براساس روابط ذاتی میان داده‌های مدل خطی یا غیرخطی بین متغیرهای مستقل و وابسته می‌باشد. خلاصه‌ای از داده‌های ورودی، لایه پنهان، داده‌های اعتبارسنج و داده‌های تست در جدول ۸ بیان شده است:

جدول ۸: خلاصه فرآیند شبکه

	تعداد	درصد	حداقل مربعات شبکه عصبی مصنوعی
آموزش	۷۰	٦۰	۰/۹٦
اعتبار سنجی	۲۳	۲۰	۰/۸۲
تست	۲۳	۲۰	۰/۷٤
مجموع	۱۱٦	۱۰۰	۰/۹٦

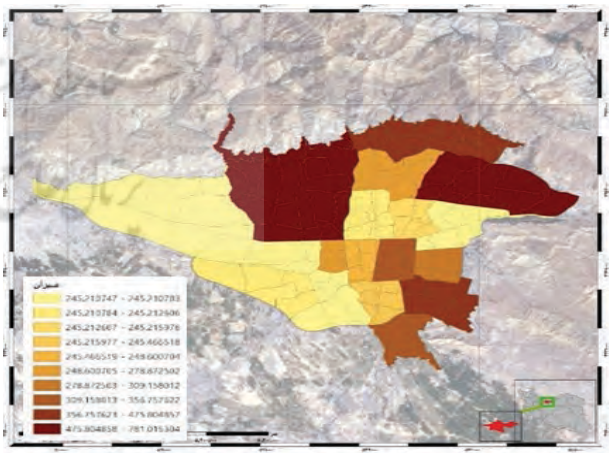
مدل شبکه عصبی شکل گرفته به گونه‌ای بوده که میزان پیش‌بینی براساس ماهیت و ذات متغیرها برابر با ۰/۹٦ می‌باشد. به بیان دیگر ماهیت میان متغیرها به گونه‌ای بوده که می‌تواند با احتمال ۹٦ درصد پیش‌بینی آتی از میزان پسماند تولیدی در مناطق ۲۲گانه شهر تهران را داشته باشد.

براساس جدول ۷ میزان مربعات در سطح داده‌های آموزشی برابر با ۰/۹۶ می‌باشد.

در سطح اعتبارسنجی داده‌ها میزان مربعات برابر با ۰/۸۲ است. این موضوع بیان می‌کند از ۹۶ درصد احتمال پیش‌بینی براساس تقسیم‌بندی داده‌ها ۸۲ درصد داده‌های در سطح مذکور پیش‌بینی‌کننده وضعیت آتی هستند. این موضوع نیز با توجه به ورود ۱۵ درصدی داده‌ها به سطح تست برابر با ۰/۷٤ شده است که عملاً منطقی به شمار می‌رود.

در نهایت خروجی نرم‌افزار Matlab به‌عنوان ورودی در سطح مناطق ۲۲گانه شهر تهران، به عنوان پیش‌بینی‌کننده وضعیت آتی قرار می‌گیرد. در نقشه ۵ وضعیت آتی میزان پسماند تولیدی در شهر تهران مشاهده می‌شود. براساس نقشه ۵، میزان پسماند شهری در مناطق شمالی تهران (منطقه ۲، منطقه ۳، منطقه ٤ و در نهایت منطقه ۱) روندی افزایشی به خود گرفته است.

می‌توان این‌گونه بیان کرد که اثرگذاری بر هر یک از متغیرهای مطرح شده سبب می‌گردد که میزان پسماند در مناطق مذکور افزایش پیدا کند. این مفهوم برنامه‌ریزی و سیاست مناسب در این مناطق را مطرح می‌سازد.



نقشه ۵: پیش‌بینی میزان پسماند تولیدی به روش شبکه عصبی مصنوعی

٤- ۳- ارزیابی نتایج

بررسی عملکرد مدل‌های رگرسیونی OLS-GWR و شبکه عصبی ANN: برای بررسی عملکرد دو مدل رگرسیونی مورد استفاده، از روش تحلیل واریانس استفاده می‌شود. روش تحلیل واریانس دارای دو پیش فرض H0 و H1 است. فرض H0 مطرح می‌کند که مدل رگرسیون جغرافیایی به نسبت مدل رگرسیون حداقل مربعات دارای برتری نیست. حداقل مقدار بحرانی برابر ۲ بوده است و اگر مقدار بحرانی از این میزان بیشتر باشد فرض صفر رد می‌شود و بیانگر برتری مدل رگرسیون جغرافیایی به نسبت مدل رگرسیون حداقل مربعات است.

جدول ۹: تحلیل واریانس مدل‌های رگرسیونی

Source	SS	DF	MS	F
Global Residuals	۱۸۸۰۸/٦٦٤	۹۷/۰۰۰		
GWR Improvement	٦۹٥٦/٥٥۱	۱۹/۳٤۹	۳٥۹/٥۲۳	
GWR Residuals	۱۱۸٥۲/۱۱۳	۷۷/٦٥۱	۱٥۲/٦۳٤	۲/۳٥٥٤٥۹

مقدار بحرانی در آزمون واریانس از میزان ۲ بیشتر بوده و بیانگر برتری نسبی مدل رگرسیون جغرافیایی به رگرسیون حداقل مربعات است؛ اما روش دیگری که بیانگر عملکرد دو مدل مطرح شده است تفاوت میان شاخص‌های آن بوده است. در جدول ۱۰ شاخص‌های دو مدل با هم مقایسه می‌شود.

جدول ۱۰: مقایسه شاخص‌های رگرسیونی

	OLS	GWR
شاخص AIC	۹٥۹/٤٥۷۷۳٥	۹۳۱/٥٦۷٦۸۱
شاخص AICc	۹٦۸/۲۹۹۸٤۰	۹٥۸/٦۱۹۹۸۲
شاخص CV^{IV}	۱۱۷۱/۹٦۸٤۳٦	٥٦۱/۲۸۲۰۹٦
ضریب تعیین	۰/۸٤٤۰۹٤	۰/۹۰۱۷٥۷
ضریب تعیین تعدیل شده	۰/۸۱۳۲۳۷	۰/۸٥۲٦۰٥

شاخص‌های آئیکه و اعتبارسنجی متقابل در جدول ۱۰ به هر میزان که پایین‌تر باشد مدل از ارزش بالایی برخوردار بوده و صحت مدل بالاست. در کنار این موضوع افزایش میزان ضریب تعیین و ضریب تعدیل شده بیانگر پیشرفت مدل بوده است.

مدل رگرسیون GWR میزان شاخص ائیکه و اعتبارسنجی متقابل پایین‌تری به نسبت مدل OLS داشته است که بیانگر

صحت مدل بوده در کنار این موضوع میزان ضریب تعیین و ضریب تعدیل شده افزایش پیدا کرده که بیانگر پیشرفت مدل GWR به نسبت مدل OLS است.

جدول ۱۱: مقایسه مدل‌های مورد استفاده در پژوهش

	OLS	GWR	ANN
ضریب تعیین	۰/۸۴۴۰۹۴	۰/۹۰۱۷۵۷	۰/۹۶۷۹۴
ضریب تعیین تعدیل‌شده	۰/۸۱۳۲۳۷	۰/۸۵۲۶۰۵	-

۵- نتیجه‌گیری

در یک دسته‌بندی کلی می‌توان سه مؤلفه اقتصادی، کالبدی و اجتماعی را مؤلفه‌های مهم در میزان پسماند شهری معرفی نمود. همچنین نتایج به‌دست آمده مشخص کرد که متغیر قیمت زمین با ضریب منفی ۰/۹۶ رابطه معناداری با پسماند شهری نداشته است و متغیرهای مهاجرت و کاربری‌های شهری - بهداشتی درمانی به‌ترتیب با ضرایب (۰/۱۲۳ و ۰/۱۸۶) بر میزان پسماند شهری در مناطق شمالی اثرگذار می‌باشند؛ و تجزیه و تحلیل مؤلفه‌ها بیان کرد که متغیرهای اجتماعی، کالبدی - محیطی بیشترین میزان اثرگذاری بر میزان پسماند شهری را داشته است. متغیر جمعیت اثرگذاری بالایی بر میزان پسماند شهری داشته و عملاً متغیر مذکور تعریف کننده میزان پسماند شهری بوده است. به همین دلیل متغیر جمعیت از مدل اصلی کنار گذاشته شد. مؤلفه کالبدی - محیطی و به‌خصوص کاربری زمین دارای اثرگذاری مستقیم بر میزان پسماند شهری بوده است. البته برخی از کاربری‌های شهری براساس نتایج روند افزایش پسماند شهری را متوقف کرده است.

کاربری‌هایی مثل اداری که با افزایش سرانه، میزان پسماند شهری آن افزایش پیدا نکرده و در مرور زمان رفته‌رفته به نسبت شرایط فعلی کاهش پیدا می‌کند. چرایی این موضوع به علت کاهش جمعیت به واسطه تغییر کاربری‌های مسکونی به اداری می‌باشد. متغیرهایی که دارای رتبه اول و دوم در دو مدل مذکور می‌باشند، عبارتند از: تراکم جمعیتی و نسبت درآمد. این دو متغیر به‌صورت مستقیم در اکثر مناطق سبب تأثیرگذاری بر میزان پسماند شهری بوده است.

- عوامل کالبدی و محیطی براساس بررسی اسناد و تحلیل صورت گرفته بر میزان پسماند شهری اثر مستقیمی می‌گذارد و رابطه معناداری با میزان پسماند شهری دارد. با استناد به روش رگرسیون کلاسیک OLS ویژگی کالبدی از جمله ویژگی‌های اثرگذار بر میزان پسماند شهری در تهران به‌شمار می‌رود. متغیرهای همچون ریزدانگی، عملکردی، کاربری و کالبدی از جمله متغیرهای اثرگذار به‌شمار می‌روند؛ اما از بُعد مکانی و تحلیل رگرسیون موزون جغرافیایی می‌توان بیان کرد که مناطقی مثل ۲۰،۱۵،۱۶ و ۱۹ از جمله مناطقی هستند که عوامل کالبدی و محیطی بر میزان پسماند شهری آن مناطق اثر مستقیمی می‌گذارد. وجود کاربری‌های مختلف مسکونی تجاری در این مناطق و همچنین میزان تراکم مسکونی بالا اثر مستقیمی بر میزان پسماند شهرداری مناطق داشته است.
- براساس تحلیل صورت گرفته شده پراکنش فضایی و الگوی تولید پسماند شهری از مناطق شرقی به مناطق غربی کشیده شده است. در کنار این موضوع متغیرهای مورد پژوهش هر یک به نوعی بخش جنوبی تهران و همچنین بخش شرقی تهران را دچار چالش‌های آتی در حوزه پسماند شهری می‌داند.

الگوی پسماند شهری در دهه ۷۰ شمسی به‌صورت شرقی بوده که این الگو در سال ۱۳۸۵ پراکنده و به بخش مرکزی و جنوبی رسید و در سال ۱۳۹۵ این الگو به‌صورتی بوده که بیانگر کشش از سمت شرق به غرب است.

پیش‌بینی‌های نیز بیان کننده روند افزایشی پسماند در مناطق شمالی و غرب تهران می‌باشد.

- از بُعد روشی نیز تحلیل واریانس میان رگرسیون‌ها بیان کرد که رگرسیون موزون جغرافیایی با ضریب ۲/۳۵۵ برتری به نسبت رگرسیون حداقل مربعات داشته است. همچنین ضرایب تعیین نهایی مدل ها بیان کرد که شبکه عصبی مصنوعی با ضریب ۰/۹۶۷ عملکرد بهتری در بُعد غیرمکانی برای پیش‌بینی مدل و میزان پسماند شهری داشته است. به بیان دیگر بر اساس

مدل‌های استفاده شده در این پژوهش بیان شد که کارایی مدل ANN در پیش‌بینی کارآمدتر بوده و در مقیاس مکانی روش رگرسیون جغرافیایی از بعد تحلیل فضای مکانی می‌تواند به نسبت شبکه عصبی مصنوعی بعُد عملیاتی‌تری داشته باشد. در سال ۲۰۱٦ پیرامون ترکیب مدل مذکور و ایجاد مدل GGRNN مباحثی مطرح گردید. در این پژوهش بنا به چالش نظریه مدل مطرح شده صرف بررسی در مورد مدل به‌صورت جداگانه شکل گرفته. ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون موزون جغرافیایی مدلی را بر مبنای شبکه عصبی و صرف رگرسیون مطرح می‌کند که بعُد فضای آن کمرنگ‌تر شده و ابعاد مکانی از اثرگذاری کمتری برخوردارند.

٦- پیشنهادات

پیشنهادها را می‌توان در دو دسته مورد بازگویی قرار داد. در دسته اول که استفاده از مدل رگرسیون موزون جغرافیایی بود مشاهده شد که متغیرهای عمده‌ای بر میزان پسماند شهری در مناطق مختلف تهران اثرگذار هستند. متغیر کالبدی به‌طور محسوسی بر میزان پسماند شهری در نواحی جنوبی تهران اثرگذار بود.

این موضوع را می‌توان از دو دیدگاه مورد بررسی قرار داد. در دیدگاه اول با افزایش میزان ساخت‌وساز در مناطق جنوبی تهران میزان پسماند شهری روندی افزایشی به خود می‌گیرد. به‌دنبال این موضوع باید سیاست‌ها و برنامه‌های آتی این مناطق به گونه‌ای باشد میزان افزایش پسماند شهری در این مناطق کنترل شود. این موضوع نکته‌ای را مشمول می‌گردد.

بحث برنامه‌ها و طرح‌های شهری نکته‌ای است که در سیاست‌های آتی مناطق جنوب تهران باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی گردد که میزان پسماند شهری کنترل گردد. از این رو می‌توان برای این مناطق برنامه‌های کنترلی متنوعی را در نظر گرفت:

۱- جلوگیری از ساخت‌وسازهای بی‌رویه

۲- پایبند بودن به محدوده قانونی شهر تهران و عدم ساخت‌وساز در نواحی پیرامون مناطق جنوبی تهران.

۳- تدوین برنامه‌های کنترلی از جمله کاهش ریزدانگی و جلوگیری از تفکیک قطعات در این مناطق

٤- فرهنگ‌سازی در راستای کاهش پسماند شهری و ارائه مسئولیت بازیافت به اشخاص تولیدکننده پسماند شهری.

۵- ایجاد مالیات بر پسماند شهری برای هر بلوک و پلاک و ایجاد سازوکارهایی برای دفع پسماند شهری توسط افراد و اشخاص.

٦-بانک جهانی سه رأس را در راستای کاهش پسماند شهری معرفی و مدلی را بیان کرد. این مدل که (PPP) نام دارد از سه بخش خصوصی، عمومی و مشارکت تشکیل شده است. بدین صورت که بخش خصوصی به همراه بخش عمومی در یک فرآیند اشراتکی و استفاده از گروه‌های مردمی در راستای کاهش پسماند شهری گام بردارند. این سیاست و مدل مطرح شده به‌صورت بخشی و منطقه‌ای در شهر تهران قابل اجرا است.

منابع و مآخذ

۱-ابراهیمی، احرام‌پوش، هاشمی، دهواری؛ اصغر، محمدحسن، حسن، محبوبه (۱۳۹۵)، پیش بینی میزان تولید پسماند شهری با استفاده از روش سری زمانی (تکنیک ARMA) و مدل سازی پویایی سیستم (نرم‌افزار Vensim)، نشریه سلامت و محیط‌زیست، دوره ۹، شماره ۱، صص ۵۷-٦۸.

۲- احمدیان، علیرضا (۱۳۸۸)، بررسی روابط بین متغیرهای فضایی در یک پهنه شهری با استفاده از GWR محدوده مطالعاتی منطقه ۷ تهران، سلطانی، علی، دانشگاه شیراز، گروه شهرسازی.

۳- پیوسته‌گر، انصاری؛ یعقوب، محمد حسین (۱۳۹٦)، بررسی و ارزیابی عوامل اجتماعی مؤثر بر کاهش سرانه تولید پسماند خانگی (مطالعه موردی: مناطق ۳ و ۱۰ شهرداری تهران)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۱۹، شماره ٤.

٤- حاتمی، معماریان فرد، صبور؛ امیرمصطفی، مهسا، محمدرضا (۱۳۹۵)، بررسی تفکیک و جداسازی پسماند در مناطق ۲۲گانه شهر تهران با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی، نشریه علوم و فنون نقشه برداری، دوره ٦، شماره

۳، صص ٦٣-٧٤.
۵- رفیعیان، دزفولی، فرزادی؛ مجتبی، راما قلمبر، نگار (۱۳۹۵)، رصد وضعیت شهرسازی تهران (نظام قطعه‌بندی و کاربری زمین)، انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، تهران.
٦- سرائی، علیان، خاوریان؛ محمدحسین، مهدی، امیررضا (۱۳۹۲)، ارزیابی وضعیت توزیع فضایی- مکانی پسماند در مناطق ۲۲گانه کلان‌شهر تهران، اولین کنفرانس ملی خدمات شهری و محیط‌زیست، مشهد.
۷- صارمی، حیدری، آقایی؛ محمدرضا، محمد، فاطمه (۱۳۹۷)، تحلیل فضایی قیمت مسکن با استفاده از تکنیک رگرسیون موزون جغرافیایی، نشریه اقتصادی شهری، اصفهان
۸- عبدلی، محمدعلی (۱۳۷۹)، مدیریت مواد زائد جامد شهری، انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور، تهران
۹- عبدلی، محمدعلی (۱۳۸۷). بازیافت مواد زائد جامد شهری. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۱۰- کیا، سید مصطفی (۱۳۹۷)، محاسبات نرم، انتشارات دانشگاهی کیان، تهران
۱۱- مرکز آمار ایران (۱۳۹۵)، سرشماری عمومی نفوس و مسکن.
۱۲- نریمانی، احمد (۱۳۹٤)، تحلیل سری زمانی با استفاده از EViews، انتشارات ناقوس، تهران
13- Ali, M. Wang, W. Chaudhry, N. Geng, Y.(2017); Hospital waste management in developing countries: A mini review. Waste Manag. Res. 2017, 35, 581–592
14- Bramston,p.pertty,G and chipuer,h(2002), unraveling Subjective quality of life: AN investigation of individual and community determin ants, indicatovs research,p.p 5
15- Damodar N Gujarati, (2008) Basic Econometncs, Publisher: MC Graw
16- EEA. (2012). nformation received during the Eionet consultation of the paper. Federal Environment Agency, Germany: European Environment Agency Germany.
17- Ferronato, N. Torretta, V. (2019); Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues. Int. J. Environ. Res. Public Health, 16, 1060.
18- Hettiarachchi, H. Meegoda, J.N.(2018); Ryu, S. Organic Waste Buyback as a Viable Method to Enhance Sustainable Municipal Solid Waste Management in Developing Countries. Int. J. Environ. Res. Public Health, 15, 2483
19- Higgs, G. (2006). Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation. Waste Management and Research, 24, 105-117.
20- Medina,Martin. (2010). Solid wastes, poverty and the environment in developing country cities: Challenges and opportunities. Katajanokanlaituri 6 B, 00160 Helsinki, Finland: UNU World Institute for Development Economics Research (UNU-WIDER)
21- Mesjasz-Lech, Agata. (2014). Municipal Waste Management in Context of Sustainable Urban Development. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 151. 244-256. 1016/10/j.sbspro.10/2014.023.
22- Oxford Advanced Learners Dictionary:of current English by A.S.Hornby(2000)
23- Vitorino de Souza Melaré, A.(2017); Montenegro González, S. Faceli, K. Casadei, V. Technologies and decision support systems to aid solid-waste management: A systematic review. Waste Manag, 59, 567–584.
24- World Bank.2016- Hoornweg, Daniel; Bhada-Tata, Perinaz. (2012). What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. Washington, DC: World Bank.
25- Yolin,Christine. (2015). Waste Management and Recycling in Japan Opportunities for European Companies. Tokyo: EU-Japan Centre for Industrial Cooperation.
26- Y. Moriguchi. (2009). 3rd Chapter: Introduction and expansion of indicators and quantitative targets at Basic Plan for Establishing an SMC,in Y. Sakita and S. Sakai, eds. Establishing an SMC. Tokyo.
27- www.waste.shiraz.ir
28- www.wmo,mashhad.ir
29- www.ppp.worldbank.com
30- www.atlas.tehran.ir