

تحلیل فضایی - زمانی شیوع کووید-۱۹ در سطح محلات شهر تهران^۱

علیرضا محمدی^{۱*}، جمیله توکلی نیا^۲، زهره فنی^۳، الهه پیشگر^۴، وحید پیشگر^۵

۱- * استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۵- شهرداری جهرم، کارشناس حقوقی شهرداری جهرم

* ایمیل نویسنده مسئول: Alirezamohammadi20142014@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۱

چکیده

هدف: در دو سال گذشته بیماری ویروسی کووید-۱۹ علت اصلی مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی بوده است. شهر تهران به عنوان پرجمعیت‌ترین شهر ایران، بیشترین میزان ابتلا به کووید-۱۹ را در کشور ثبت کرده است. هدف اصلی پژوهش تحلیل فضایی-زمانی شیوع کووید-۱۹ در سطح محلات شهر تهران است.

روش شناسی پژوهش: از روش‌های توصیفی و تحلیل فضایی برای رسیدن به هدف پژوهش استفاده کردیم. در این پژوهش برای تحلیل‌های فضایی - زمانی از نرم افزار ست اسکن استفاده شد. برای بررسی خودهمبستگی فضایی نیز موران و از تحلیل‌های خوشه و ناخوشه استفاده شد. **یافته‌ها:** بررسی شیوع کووید-۱۹ طی ۲۰ ماه در محله‌های شهر تهران نشان داد که توزیع ابتلا در محلات ناهمگون بود. مردان بیش از زنان در معرض ابتلا قرار داشته و گروه سنی ۴۵ تا ۶۴ سال، ابتلای بیشتری به نسبت سایر گروه‌های سنی داشتند. بیشترین میزان شیوع در ماه‌های ۱۳ تا ۱۶ شیوع رخ داده بود. یک خوشه‌ی فضایی - زمانی قابل توجه در مرکز به سمت جنوب و جنوب‌شرق شناسایی شد که نشان داد احتمالاً خوشه‌های شیوع باید تحت تاثیر ویژگی‌های خاص محله‌های شهری قرار گرفته باشند.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد برای پیشگیری و کنترل موثر شیوع کووید-۱۹، باید سیاست‌ها و اقدامات بهداشتی و درمانی فردی، با استراتژی‌های برنامه‌ریزی شهری از جمله کنترل آلاینده‌های محیطی و اجرای برنامه‌های بهداشت محیطی ادغام شوند. بنابراین توجه به خوشه‌های شیوع بررسی شده در سطح محلات شهر تهران می‌تواند به سیاست‌گذاران این بخش برای برنامه‌ریزی بهتر کمک نماید. **کلمات کلیدی:** "تحلیل فضایی - زمانی"، "کووید-۱۹"، "شیوع"، "محلات شهر تهران"

^۱ - این پژوهش برگرفته از طرح پژوهشی به شماره ۱۴۰۰/د/۹۸۶۹ در دانشگاه محقق اردبیلی، گروه جغرافیا می باشد.

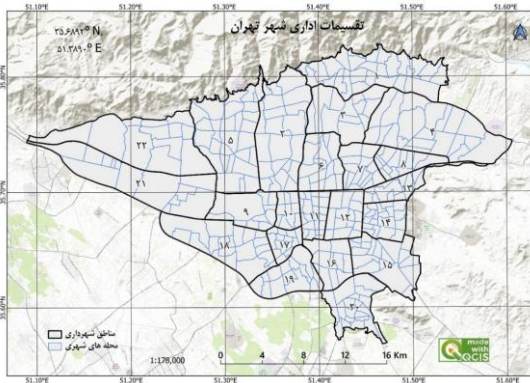
۱- مقدمه

کروناویروس در سالمندان و مرگ ناشی از تاخیر در مراجعه به بیمارستان پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که طولانی شدن زمان شروع علائم تا مراجعه به بیمارستان، پیش‌آگهی را در سالمندان بدتر کرده و باعث افزایش مرگ‌ومیر در سالمندان می‌شود. محمدی و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به بررسی ویژگی‌های محله‌ای در مرگ ناشی از کووید پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که متغیرهای کیفیت هوا و نرخ کهنسالی و نرخ بیسوادی با مرگ ارتباط معناداری دارند. لک و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی به بررسی و تحلیل فضایی - زمانی بیماری کووید ۱۹ در سطح محلات شهر تهران پرداختند. نتایج نشان داد که متغیرهای تراکم جمعیت داروخانه‌ها، پراکندگی مراکز محله‌ای، فروشگاه‌های زنجیره‌ای از عوامل اصلی شیوع کووید ۱۹ هستند. این پژوهش در ۶ بخش مقدمه، مبانی نظری، روش، محدوده مطالعه و بحث و یافته‌ها انجام شده است.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

کلانشهر تهران از ۳۵۲ محله تشکیل شده و در ۳۵,۶۸,۹۲ عرض جغرافیایی شمالی و ۵۱,۳۸,۹۰ طول شرقی قرار دارد. از شمال با کوه‌ها، از غرب با دشت‌ها و نواحی شهری، از شرق با مناطق خشک و از جنوب با کویرهای مرکزی ایران همسایه است (شکل ۲). بر اساس آخرین برآوردها، جمعیت بین ۸۶۸۰,۰۰۰ در شب و حدود ۱۰,۰۰۰,۰۰۰ در روز متغیر است (شهرداری تهران، ۱۴۰۱) مساحت آن ۷۳۰ کیلومتر مربع با تراکم جمعیت ۱۱۸۹۰ در هر کیلومتر مربع است. همچنین تراکم جمعیت محله‌ها بین ۴۰ تا ۵۸۰ نفر در هکتار است. آب و هوایی با چهار فصل کاملاً متفاوت دارد و میانگین دمای سالانه هوای تهران بین ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد متغیر است. در مناطق ۱-۷، جمعیت عموماً از وضعیت اقتصادی-اجتماعی بالاتری برخوردار هستند (lak et al, 2021).



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

• روش پژوهش

این پژوهش از نظر روش، تحلیلی و اکتشافی است. داده‌های این پژوهش از وزارت بهداشت و درمان، مرکز ملی آمار ایران و شهرداری تهران به دست آمد. در گروه‌بندی سنی، یکی از استانداردهای سرشماری‌های جمعیتی شامل ۵ گروه سنی ۱۴-، ۲۴-، ۱۵-، ۴۴-، ۱۵، ۴۵-، ۴۶- و ۶۵ سال و بالاتر مبنای تحلیل‌ها قرار گرفت. داده‌های مربوط به شیوع کووید ۱۹ (۶۰۱۱۱ نفر) طی ۲۰ ماه بررسی و در

با وجود عمر کوتاه ویروس کووید-۱۹، بسیاری از کشورهای دنیا برای مقطعی، تمامی و یا بخش از فعالیت‌های خود را به حالت تعلیق درآورده‌اند. به طوریکه تاکنون ۲۰۲ کشور از ۲۰۵ کشور جهان آمار مبنی بر وجود ویروس کرونا در کشور خود را تایید کرده‌اند و تعداد مبتلایان جهان تا زمان نگارش این پژوهش در ۲۰ بهمن ۱۴۰۱، تعداد ۶۷۶۹۲۸۱۷۴ نفر بوده است (WHO, 2020). کووید-۱۹ سومین کرونا ویروس پس از دو ویروس سارس و مرس در دو دهه ی اخیر است که با عبور از گونه‌های حیوانی توانسته انسان‌ها را آلوده نماید (Harapan et al, 2020). آنچه مسلم است شهرها به عنوان نقاط پرش کلیدی برای شیوع اپیدمی جهانی هستند. به طوریکه این بیماری، زیرساخت‌های بهداشتی شهرها و برنامه‌ریزی برنامه‌ریزان شهری را به چالش کشیده است. در حال حاضر سازمان جهانی بهداشت، بیماری کووید-۱۹ را تهدیدی برای تمام کشورها می‌داند (توکلی و همکاران، ۱۳۹۹: ۴۳). تا زمان نگارش این پژوهش در کشور ایران، ۳۲۸۶۹۲۳ نفر به این ویروس مبتلا شده و ۸۵۰۹۵ نفر جان خود را از دست داده‌اند. تحلیل زمانی مکانی کووید-۱۹ در ایران در سال اول همه‌گیری نشان داد که تهران با روند افزایشی در بین استان‌های دیگر بیشترین مرگ و میر را داشته است (حزبوی، مستف زاده و همکاران ۲۰۲۱). بر اساس اعلام وزارت بهداشت ایران، تهران بالاترین آمار مبتلایان و فوتی‌های تایید شده کووید-۱۹ نسبت به سایر شهرها دارد (کشتکار، حیدری و همکاران ۲۰۲۲). تراکم جمعیت بالا، تحرک بالا و فرکانس تماس بالا عوامل اصلی هستند که همیشه کنترل بیماری همه‌گیر را در مناطق شهری دشوار می‌کند (lak et al, 2021). سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نمایش تجربی پیوندهای فضایی را نه تنها بین بروز بیماری‌های عفونی و محیط‌های اجتماعی-اقتصادی و ساخته شده (البوت و وارتنبرگ ۲۰۰۴) بلکه همچنین روابط بین عوامل آسیب شناسی (عوامل ایجاد کننده، ناقلان و میزبان‌ها، مردم) و آنها را امکان پذیر می‌کند. GIS به طور گسترده در کاوش کووید ۱۹ استفاده شده است. در این پژوهش نیز از قابلیت‌های جی‌آی‌اس استفاده خواهد شد. **ضرورت اصلی این پژوهش** حضور بیماری کووید-۱۹ در سطح شهر تهران می‌باشد که تاکنون خسارات زیاد جانی و به تبع تعطیلی‌های گسترده، خسارات مالی زیادی را به دولت و شهروندان تحمیل کرده است. با توجه به ناشناخته بودن این ویروس، پژوهش حاضر در شناسایی ابعاد مهم راهگشا می‌باشد. **اهداف اصلی** این مطالعه شامل تولید نقشه، شناسایی و تحلیل نرخ‌های محله‌ای شیوع بیماری کووید-۱۹ در محلات شهر تهران، و معرفی الگوهای توزیع فضایی-زمانی بیماری کووید-۱۹ می‌باشد. **سوالات اصلی پژوهش** شامل دو سوال می‌باشد: وضعیت اپیدمیولوژیک محلات شهر تهران از نظر میزان شیوع ناشی از بیماری کووید-۱۹ چگونه است؟ و الگوهای فضایی نرخ‌های شیوع کووید-۱۹ در بین محلات شهر تهران چگونه است؟ از زمان شیوع تاکنون مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده که به برخی اشاره می‌شود. میر جلیلی و همکارانش (۱۴۰۰) در پژوهشی به بررسی عوامل خطر مرگ و میر بیماران مبتلا به کووید در یزد پرداختند. این پژوهش بر روی ۱۴۰۰ نمونه انجام شده است. نتایج پژوهش آنها نشان داد که مرگ و میر در افراد مسن و دارای بیماری زمینه‌ای بیشتر از سایر گروه‌های سنی بوده است. ناطقی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به بررسی شدت بیماری ناشی از

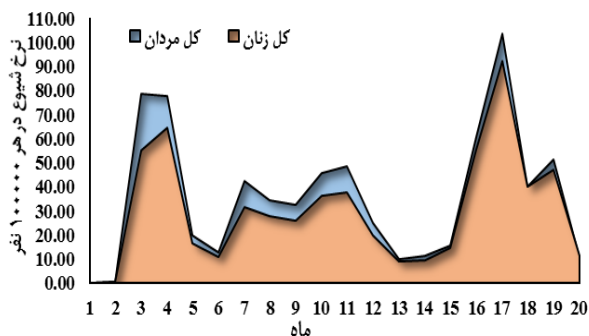
و تحلیل های مشابه توزیع می شود یا خیر طراحی شده است. ریسک نسبی (RR)، نسبت لگاریتم احتمال (LLR) و آزمون مونت کارلو، که با جزئیات در مطالعات قبلی نویسندگان فرموله و شرح داده شده‌اند، رویکردهایی را برای تفسیر تحلیل فضا-زمان در آمار اسکن تشکیل می‌دهند. در این مطالعه از مدل احتمال پواسون به عنوان آماره اسکن گسسته برای تجزیه و تحلیل خوشه بندی زمانی و مکانی-زمانی مناطق با نرخ بالای شیوع کووید-۱۹ در شهر تهران استفاده شد. ویژگی مهم اصلی که آمار اسکن فضایی را به‌ویژه مناسب می‌کند این است که می‌تواند خوشه‌هایی را با هر اندازه‌ای که در هر نقطه از منطقه مورد مطالعه قرار دارند، بدون توجه به شکل تقسیمات فضایی محله، شناسایی کند (Kulldorff, 2001 & Kulldorff, 2021).

• تحلیل خوشه و ناخوشه

آزمون خوشه‌بندی، اولین گام برای شناسایی کانون‌های اتفاقات در شبکه است. شاخص همسایه سریع‌ترین روش برای آزمون تجمع اتفاق در یک محدوده جغرافیایی است. در آزمون شاخص نزدیک ترین همسایه، توزیع واقعی داده با گروهی از داده‌ها با همان تعداد نمونه و با توزیع بی قاعده، مقایسه می‌شود. اگر نتیجه آزمون شاخص نزدیکترین همسایه برابر یک باشد، داده‌های یک اتفاق به صورت تصادفی توزیع شده‌اند. اگر نتیجه کوچک‌تر از یک باشد، بیانگر خوشه‌ای بودن یک اتفاق است و اگر شاخص نزدیکترین همسایه بزرگتر از یک باشد، نشان دهنده الگوی توزیع یکنواخت داده‌ها است (Eck et al, 2009).

۳- نتایج

بر اساس تجزیه و تحلیل ما، در طول ۲۰ ماه (در ماه ۱۳۹۸ تا مرداد ماه ۱۴۰۰) تقریباً ۶۰،۱۱۱ نفر در منطقه مورد مطالعه به کووید-۱۹ مبتلا شدند. به طور کلی ۶۶۴ نفر در هر صد هزار نفر به این بیماری مبتلا شده‌اند. ۳۶۱ مرد و ۳۰۲ زن به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفره این بیماری مبتلا شدند. نمودار، وضعیت شیوع بیماری در مردان و زنان را نشان می‌دهد. از نظر شیوع اختلاف چندانی بین دو جنس وجود ندارد و تنها در ابتدای شیوع و در ماه‌های ۳ و ۴ (اسفند ۱۳۹۸ تا فروردین ۱۳۹۹) اختلاف اندکی مشهود بوده است که با ادامه‌ی روند این اختلاف بسیار کم شده است. لازم به ذکر است که نرخ شیوع در مردان و زنان به نسبت جمعیت هر گروه جنسی محاسبه شده است که در این صورت ۷۲۲ و ۶۰۶ مبتلا به ترتیب در مردان و زنان به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر وجود داشته است.



شکل ۲- نرخ شیوع ویروس کووید-۱۹ به تفکیک جنسیت و ماه

نرم افزار Excel آماده شد و سپس با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل توصیفی (شامل میانگین، انحراف معیار) ارائه شد. برای مشخص کردن الگوی کلی خوشه‌بندی نرخ‌ها از مدل موران جهانی و برای تحلیل های فضایی از نرم افزار ست اسکن استفاده شد (ابتدا تحلیل صرفا زمانی، سپس تحلیل صرفا مکانی و در نهایت تحلیل مکانی-زمانی) همچنین در بخش تحلیل فضایی از موران جهانی برای تعیین خودهمبستگی ها استفاده شد. روش های استفاده شده در زیر بطور خلاصه آورده شده است.

• تحلیل خوشه ای صرفا زمانی و تجزیه و تحلیل خوشه ای صرفا مکانی^۱

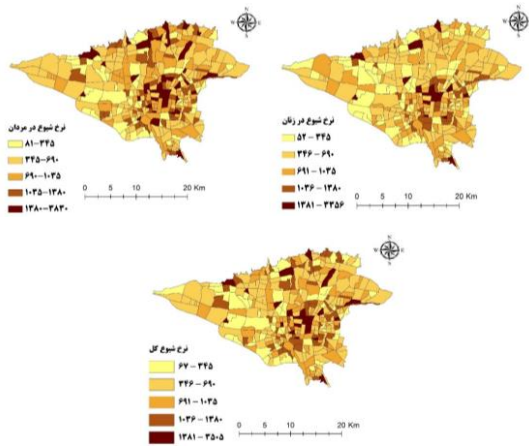
یک نوع بررسی گذشته نگر از آمار اسکن است که فقط خوشه های زمانی را در یک دوره زمانی مشخص برای یک منطقه جغرافیایی خاص شناسایی می‌کند و به تغییرات یا الگوهای مکانی آنها نمی‌پردازد (Kulldorff, 2021). آماره اسکن گسسته پواسون به عنوان مدل احتمال برای شناسایی خوشه ها در مناطق با نرخ بالا و پایین تنظیم شد. مدت زمان تجمع به صورت ماهانه (Hasselwander et al, 2021) تعیین شد. برای شناسایی خوشه‌ها، یک تابع احتمال در همه مکان‌ها و زمان‌ها حداکثر شد. حداکثر احتمال نشان می‌دهد که خوشه ای که کمترین احتمال را دارد به طور تصادفی رخ داده باشد (خوشه اولیه). مقدار p از طریق آزمون فرضیه مونت کارلو به دست می‌آید. خوشه های ثانویه آنها می‌باشند که بر اساس آماره آزمون نسبت درستنمایی (LLR) خود به ترتیب پس از خوشه اولیه قرار دارند (Li et al, 2021). تجزیه و تحلیل خوشه ای صرفا مکانی، خوشه های فضایی را بدون توجه به مرزهای جغرافیایی از پیش تعریف شده با ترکیب هر تعداد مکان نزدیک در یک خوشه در بازه های زمانی از پیش تعریف شده شناسایی می‌کند. وقتی در اجرای فنون آماری مشاهدات مستقل از هم و فارغ از موقعیت مکانی فرض می‌شوند، تئوری استنباط آماری آنها ساده است. اما لحاظ کردن موقعیت فضایی و همچنین وابستگی فضایی بین مشاهدات نمونه، به شناخت بیشتر جامعه‌ی مورد بررسی کمک می‌کند. با توجه به انواع موقعیت‌ها، مشاهدات فضایی به سه گروه عمده‌ی مشاهدات زمین آماری^۲، مشاهدات مشبکه‌ای^۳ و الگوهای نقطه‌ای^۴ تقسیم می‌شوند (محمدزاده، ۱۳۸۰). در این پژوهش داده‌های ما از نوع نقطه‌ای می‌باشد.

• تجزیه و تحلیل خوشه ای فضایی - زمانی

تجزیه و تحلیل های آماری بر روی داده‌های مختلف در سطح جهانی نشان می‌دهد که هر چقدر موارد از نظر زمانی به یکدیگر نزدیک تر باشند، از نظر مکانی نیز خودهمبسته هستند. این موضوع در رابطه با بیماری‌های واگیردار بسیار منطقی است (Pishgar, 2020). این روش می‌تواند خوشه های فضایی را بدون توجه به هر مرز جغرافیایی از پیش تعریف شده با ترکیب هر تعداد مکان نزدیک در یک خوشه در دوره های زمانی از پیش تعریف شده شناسایی کند. این روش برای آزمایش اینکه آیا یک بیماری به طور تصادفی در مکان و زمان با توانایی تکرار تجزیه

- 1 - Purely Spatial cluster analysis
- 2 - Geostatistical Data
- 3 - Lattice Data
- 4 - Point Pattern

- 5 - Relative risk
- 6 - Log likelihood ratio

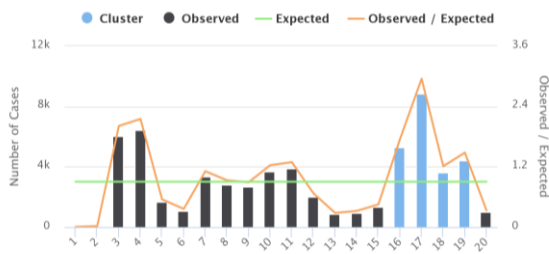


شکل ۴- توزیع جغرافیایی شیوع کووید-۱۹ در محلات شهر تهران

کشف الگوهای توزیع فضایی-زمانی و خوشه ها

کشف الگوهای توزیع و خوشه بندی زمانی

الگوی صرفاً زمانی شیوع کووید-۱۹ در نمودار، بر اساس تجزیه و تحلیل آماری ست - اسکن طی ۲۰ ماه نشان داده شده است. چهار موج شیوع کووید-۱۹ در نمودار قابل مشاهده است. این نمودار نشان می‌دهد که شیوع کووید-۱۹ در فروردین ماه تا تیرماه ۱۴۰۰ به بالاترین حد خود رسیده است و خوشه‌های آماری معنی‌دار ($P < 523.4$, LLR) در طول ماه‌های نامبرده تشکیل شد که تعداد بیشتری از شیوع کووید-۱۹ طی ماه‌های ۱۶ تا ۱۹ ماه‌های مورد مطالعه رخ داده است. این خوشه‌ها از نظر زمانی و تعداد به هم نزدیک بوده‌اند.



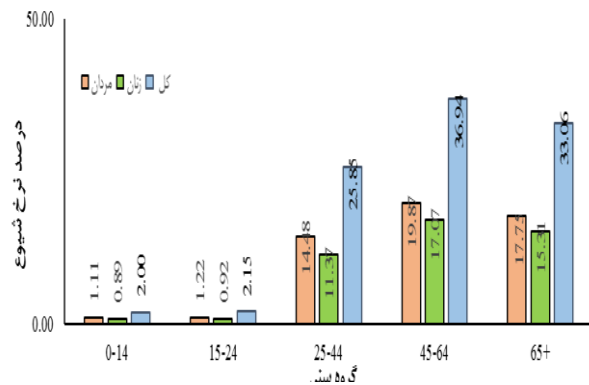
شکل ۴- خوشه های صرفاً زمانی شیوع کووید -۱۹ از دی ماه ۱۳۹۸ تا مرداد ماه ۱۴۰۰ ترسیم: نگارنده، ۱۴۰۱

کشف الگوهای توزیع و خوشه بندی فضایی

ابتدا از آزمون موران جهانی قبل از آزمون خوشه بندی محلی استفاده شد. نتایج آماره موران نشان داد که میزان شیوع کووید-۱۹ (طی ۲۰ ماه مورد بررسی) از نظر مکانی در منطقه مورد مطالعه خوشه‌بندی شده است. این نتیجه به ما امکان داد تا با اطمینان بیشتری وارد تحلیل‌های فضایی در مقیاس محلی شویم. نتایج آماره‌ی موران برابر با ۰.۰۴۶ و مقدار $z\text{-score} = 1.80$ و $p\text{-value} = 0.070$ بود. پس از تایید الگوی خوشه‌ای نرخ‌ها، از تحلیل آماری فضایی نرخ‌ها با استفاده از نرم افزار ست اسکن استفاده شد. بر این اساس، تعداد ۵ خوشه ی فضایی معنادار ($p\text{-value} = 0.01$) شناسایی شد. بیشترین تمرکز فضایی این

نرخ شیوع (ابتلا) کووید ۱۹ بر اساس گروه‌های سنی و جنس

شکل ۳، درصد شیوع کووید-۱۹ را در گروه‌های سنی و در هر دو جنس نشان می‌دهد. از مجموع ابتلا، ۵۴،۴۴ درصد مرد و ۴۵،۵۶ درصد زن هستند. این نمودار نشان می‌دهد که با ۳۶،۹۴ درصد، شیوع ناشی از کووید-۱۹ برای گروه سنی ۴۵-۶۴ بالاتر بود. گروه‌های سنی زیر ۲۵ کمترین میزان ابتلا را در تهران داشتند. لازم به ذکر است که در تمام گروه‌های سنی ابتلا در مردان بیشتر از زنان بوده است. همانطور که در پیشینه‌ی پژوهش ذکر شد در ماه‌های اولیه ی شیوع کووید-۱۹، جنسیت را به عنوان یکی از ریسک فاکتورهای ابتلا و مرگ ناشی از کووید می‌دانستند.



شکل ۳- نرخ شیوع ویروس کووید-۱۹ به تفکیک گروه‌های سنی

توزیع جغرافیایی نرخ های شیوع کووید-۱۹ در محلات

شهر تهران

شکل شماره ۴، الف، نقشه توزیع جغرافیایی نرخ شیوع کووید-۱۹ به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت به روش بیزین را در ۳۵۰ محله ی شهر تهران نشان می‌دهد. بر این اساس، کووید-۱۹ در همه ی محلات شهر تهران شیوع پیدا کرده است. محلات با نرخ بالای شیوع بیشتر در محلات واقع در مناطق مرکزی شهر تهران و بصورت پراکنده در محلات واقع در مناطق شرقی و جنوبی تهران واقع شده اند. محلات با نرخ پایین شیوع در مناطق مختلف وجود دارند اما تعداد این محلات به نسبت کمتر بوده است. در محلات واقع در مناطق ۲۱ و ۲۲ نرخ های شیوع پایین تری به نسبت سایر محلات وجود داشته است. به طور کلی، نرخ شیوع به طور نامتجانسی در محلات شهر تهران توزیع داشته است. شکل ۴، ب، توزیع جغرافیایی نرخ شیوع کووید-۱۹ در مردان را نشان می‌دهد. بر این اساس، بالاترین نرخ های شیوع کووید-۱۹ در مناطق مرکزی به سمت جنوب و شرق بوده است. همچنین به نسبت نقشه ی مربوط به نرخ شیوع کلی، محلات واقع در مناطق شمالی نرخ های بالاتری از شیوع مردان را داشتند. بطور کلی نرخ شیوع کووید-۱۹ در مردان نیز بصورت نامتجانس توزیع شده است. شکل ۴، ج، توزیع جغرافیایی نرخ شیوع کووید-۱۹ در زنان را نشان می‌دهد. بر این اساس، محلات واقع در مرکز شهر تهران نرخ های شیوع بالاتری را تجربه کردند و در مقایسه با توزیع جغرافیایی نرخ شیوع در مردان و نرخ شیوع کلی، محلات با نرخ پایین بیشتری در نقشه ی توزیع مشاهده می شود.

خوشه ۳۹ محله با جمعیتی حدود ۶۹۴۴۲۷ نفر را دربرگرفته است. مقدار LLR این خوشه ۷۶۸,۸۴ و مقدار RR آن ۱,۶۸ بود.

خوشه‌ها در مرکز و شمال شهر و جنوب شهر تهران بود. هر ۵ خوشه‌ی فضایی شناخته شده مهم هستند اما به دلیل تعداد محلات و جمعیتی که هر خوشه در بر گرفته، خوشه‌ی شماره‌ی یک بزرگترین و مهم‌ترین خوشه بود که در مرکز محلات واقع در مرکز شهر تهران قرار دارد. این

جدول ۱- خوشه‌های فضایی شناسایی شده بر اساس ست اسکن برای محلات با نرخ بالای شیوع کووید-۱۹

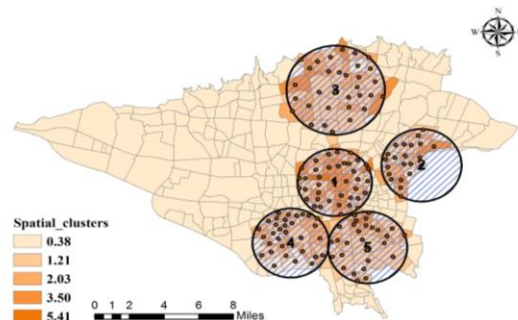
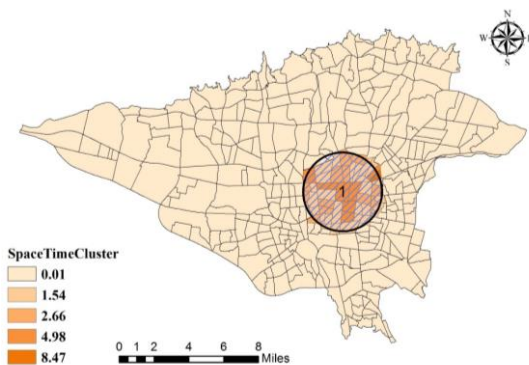
Monte Carlo rank	Log likelihood ratio	Relative risk	Observed / expected	Expected cases	N. of cases	جمعیت	مختصات	تعداد محله‌ها	نام خوشه
۱,۱۰۰	۷۶۸,۸۴۴	۱,۶۸	۱,۶۰	۴۶۲۶,۷۶	۷۳۹۳	۶۹۴۴۲۷	(35.693500 N, 51.418300 E) / 3.44 km	۳۹	۱
۱,۱۰۰	۱۴۳,۴۵۴۱۴۴	۱,۲۷	۱,۲۵	۴۶۰۸,۷۱	۵۷۵۳	۶۹۱۷۱۸	(35.709000 N, 51.507500 E) / 3.71 km	۲۲	۲
۱,۱۰۰	۱۱۹,۰۸۵۸۲۳	۱,۲۳	۱,۲۱	۵۳۱۴,۰۳	۶۴۲۰	۷۹۷۵۷۸	(35.778500 N, 51.419700 E) / 4.56 km	۳۲	۳
۱,۱۰۰	۸۱,۹۸۷۱۵۶	۱,۱۹	۱,۱۷	۵۳۳۹,۳۵	۶۱۴۷	۷۸۶۳۷۰	(35.637900 N, 51.372900 E) / 3.54 km	۳۳	۴
۱,۱۰۰	۵۷,۳۹۴۱۳۰	۱,۱۶	۱,۱۵	۵۱۵۴,۹۳	۵۹۰۶	۷۷۳۶۹۹	(35.633500 N, 51.451700 E) / 3.67 km	۲۸	۵

همانطور که در قبل بیان شد، خوشه‌ی شماره ۳، نیز یکی دیگر از مهم‌ترین خوشه‌های تشکیل شده در شمال شهر تهران است. این خوشه ۳۳ محله با جمعیتی در ۷۹۷۵۷۸ در برمی‌گیرد (LLR= 26.02. RR= 1.47). در این محلات ۴۲۱ فوتی وجود داشته است. سایر خوشه‌ها در جدول شماره ۱ و شکل شماره ۶ مشخص شده است.

بخش‌های شمالی و جنوبی شهر ناپدید شده‌اند. برای اهداف این تحلیل، خوشه‌های فضایی - زمانی از بالاترین اهمیت برخوردارند زیرا هم زمان و هم مکان را شامل می‌شوند. شکل شماره ۵، خوشه‌های فضایی - زمانی را نشان می‌دهد.

شکل ۶- خوشه‌های فضایی - زمانی مرگ و میر ناشی از کووید-۱۹ در تهران

شکل ۵- خوشه‌های صرفاً فضایی مرگ و میر ناشی از کووید-۱۹ در تهران



شکل ۵- خوشه‌های صرفاً فضایی مرگ و میر ناشی از کووید-۱۹ در تهران

شکل ۶- خوشه‌های فضایی - زمانی گذشته‌نگر مرگ ناشی از کووید-۱۹

ترسیم: نگارنده، ۱۴۰۱

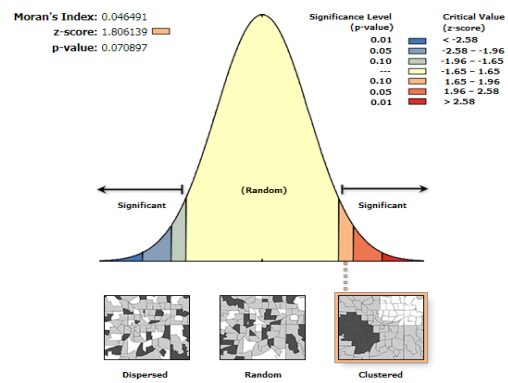
۱۹

محاسبه موران جهانی از آزمون موران جهانی قبل از آزمون خوشه بندی محلی استفاده شد. نتایج آماره موران نشان داد که میزان شیوع کووید-۱۹ (طی ۲۰ ماه مورد بررسی) از نظر مکانی در منطقه مورد مطالعه خوشه‌بندی شده است. این نتیجه به ما امکان داد تا با اطمینان بیشتری وارد تحلیل‌های فضایی در مقیاس محلی شویم. نتایج آماره‌ی موران برابر با ۰,۰۴۶ و مقدار z-score برابر ۱,۸۰ و p-value برابر ۰,۰۷۰ بود.

همانطور که شکل ۵ نشان می‌دهد، در نهایت تنها یک خوشه‌ی مهم فضایی - زمانی شناسایی شد. این خوشه در مرکز شهر تهران واقع شده است. ۴۷ محله را در برمی‌گیرد که جمعیت این محلات در حدود ۸۷۰۱۴۹ نفر می‌باشد. مقدار LLR این خوشه ۷۰۲,۵۲ و مقدار RR این خوشه ۱,۸۲ می‌باشد. همچنین P-value در سطح ۰,۰۵ در نظر گرفته شده است. علاوه بر این، این خوشه مطابق با الگوی خوشه‌بندی زمانی است که در قبل ذکر شده است. با مقایسه نقشه خوشه‌های معنی‌دار صرفاً مکانی (تصویر)، در نقشه خوشه‌های فضایی - زمانی، می‌توان دریافت که خوشه‌های فضایی صرفاً پراکنده به‌ویژه در

۳- نتایج

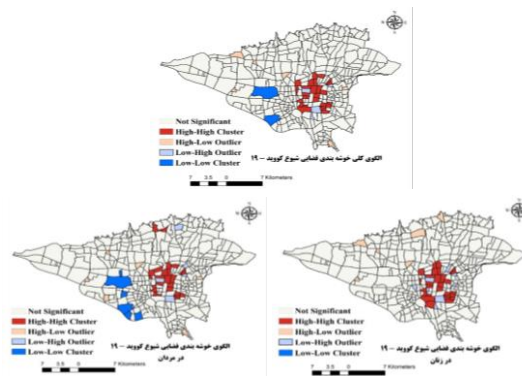
یافته های حاصل از بررسی شیوع کووید-۱۹ نشان داد که از نظر شیوع اختلاف چندانی بین دو جنس وجود ندارد و تنها در ابتدای شیوع و در ماه های ۳ و ۴ (اسفند ۱۳۹۸ تا فروردین ۱۳۹۹) این اختلاف اندکی مشهود بوده است که با ادامه ی روند این اختلاف بسیار کم شده است. اما در کل مردان بیشتر از زنان مبتلا شدند. بیشتر مطالعات پیشین نشان داده اند که مصرف بیشتر سیگار، الکل و در نتیجه ضعف های ریوی، بیشترین خطر را بر میزان مرگ و میر ناشی از کووید-۱۹ در مردان دارند و این موارد به عنوان ریسک فاکتورهای مهم در شیوع و مرگ ناشی از کووید-۱۹ بررسی می شود. علاوه بر این، تحقیقات نشان می دهد که زنان در مقایسه با مردان دارای آنتی بادی های بیشتری هستند که در مقایسه با مردان، سیستم ایمنی آنها قوی تر است. تعداد زیادی از مطالعات نشان داده اند که استروژن موجود در بدن زنان به عنوان یک سپر در برابر بسیاری از عفونت های ویروسی عمل می کند (Biswas et al, 2020 Drefahl et al, 2020). نتایج بررسی شیوع با توجه به گروه های سنی نشان داد که درصد شیوع برای گروه سنی ۴۵-۶۴ بالاتر بود (۳۶,۹۴ درصد) و گروه های سنی زیر ۲۵ کمترین میزان ابتلا را در تهران داشتند. این یافته نتایج مطالعات قبلی را تایید می کند که سن یکی از عوامل و ریسک فاکتور مهم در مرگ ناشی از کووید-۱۹ است (Who, 2019. Haque et al, 2022. Salimi et al, 2020. Al-Mandhari et al, 2020). بر اساس یافته های پژوهش، ما یک خوشه صرفاً زمانی را شناسایی کردیم. این خوشه از فروردین تا تیرماه ۱۴۰۰ را دربرمی گرفت. برداشته شدن قرنطینه های ناقص، کم شدن رعایت موارد پیشگیرانه به ویژه در تعطیلات عید نوروز از دلایل اصلی شکلگیری این خوشه زمانی بود (Mohammadi et al, 2023). همچنین ۵ خوشه ی فضایی شیوع در محلات شهر تهران شناسایی شد. بیشترین تمرکز فضایی این خوشه ها در مرکز و شمال شهر و جنوب شهر تهران بود. برخی از مهمترین عوامل خطر در این دو خوشه وجود دارد. مانند حضور بیشتر سالمندان در مناطق شمالی و همچنین گازهای آلوده کننده مانند PM10 و NO2 در مرکز و شمال مناطق شهر تهران پراکندگی بیشتری داشتند. در نهایت یک خوشه ی فضایی - زمانی که از اهمیت بیشتری برخوردار است در مرکز شهر شناسایی شد. مطالعات قبلی نشان می دهد که محله های مرکزی و جنوبی شهر به دلیل تمرکز شدید فعالیت ها و آلاینده ها، دارای محیط های نامناسبی هستند (Pishgar et al, 2020. Lak et al, 2021. Sohrabi et al, 2021). علاوه بر این، محله هایی با وضعیت اقتصادی - اجتماعی پایین (به عنوان مثال، درصد بالایی از جمعیت کم درآمد)، در مواجهه با همه گیری ناشی از کووید-۱۹ آسیب پذیرتر هستند (Mohammadi et al, 2023). نتایج تحلیل خوشه و ناخوشه (موران محلی) نشان داد که به طور کلی خوشه های بالا در مناطق مرکزی و خوشه های پایین در مناطق غربی حضور دارند. این یافته، نتایج پژوهش های پیشین را تایید می کند (Mohammadi et al, 2020. Pishgar et al, 2023). نتایج Moran محلی براساس جنسیت از تغییرات بیشتری تبعیت کرد بطوریکه خوشه های بالا در مردان علاوه بر مرکز در مناطق شمالی نیز شناسایی شدند و همچنین خوشه های پایین علاوه بر مناطق غربی در جنوب غرب نیز حضور دارند.



شکل ۷- Moran جهانی

تحلیل خوشه و ناخوشه شیوع کووید - ۱۹ در سطح محلات شهر تهران

با توجه به اینکه در Moran جهانی جهت کلی مشخص شد و الگوی خوشه بندی تایید شده است به سراغ Moran محلی رفتیم تا توزیع این الگوهای خوشه بندی را در محلات شهر تهران بررسی کنیم. بر این اساس Moran محلی به صورت کلی و در مردان و زنان محاسبه شد. شکل شماره ۸، نتایج محاسبه ی ALMI را بر حسب نرخ کل موارد شیوع کووید - ۱۹ (نرخ بیزین) برای ۲۰ ماه نشان می دهد. در محلات واقع در مناطق مرکزی شهر، خوشه های بالا (HH) طی ۲۰ ماه مورد بررسی شناسایی شد، در حالی که برخی محلات واقع در مناطق غربی، به عنوان مثال، منطقه ۱۱ یک خوشه پایین (LH) را طی ۲۰ ماه بررسی نشان دادند ($P < 0.05$). نتایج ALMI بر اساس جنسیت از تغییرات بیشتری پیروی کرد. بطوریکه طی ۲۰ ماه مورد بررسی، در الگوی خوشه بندی شیوع در مردان، خوشه های بالا (HH) علاوه بر مناطق مرکزی، در مناطق شمالی نیز رویت شدند. همچنین بر تعداد خوشه های پایین (LH) نیز در مناطق جنوب غربی اضافه شده است ($P < 0.05$). نتایج ALMI طی ۲۰ ماه مورد بررسی، در الگوی خوشه بندی شیوع در زنان، نتایج متفاوتی نسبت به نقشه ی خوشه بندی کل و مردان نشان داد. خوشه های بالا (HH) در مناطق مرکزی، رویت شدند. اما در این نقشه خوشه های پایین (LH) محو شدند و دیگر در هیچ کدام از محلات وجود ندارند.



شکل ۸- الگوی خوشه بندی فضایی شیوع کووید-۱۹ در مردان و زنان

و غربی شهر بالا است و دالان‌های طبیعی هوا در آن‌ها وجود دارد. در عوض، میزان آلودگی هوا در بخش‌های مرکزی شهر و جنوبی شهر بیش از سایر مناطق گزارش شده است (شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، ۱۳۹۸) (سالنامه آماری تهران، ۱۳۹۷) که می‌تواند یکی از عوامل وجود خوشه‌های بالا در این مناطق باشد.

درحالی‌که خوشه‌های پایین در موران محلی محاسبه شده برای زنان وجود نداشت و این خوشه‌ها محو شدند. وسعت مناطق غربی (۲۱ و ۲۲) زیاد است و تراکم جمعیتی و فشردگی ساختمانی در آن‌ها پایین است و در عوض اکثر مشاغل و ساختمان‌های رسمی در مناطق مرکزی شهر واقع شده‌اند. به عنوان مثال، منطقه ۱۲ (مرکز تجاری اصلی شهر تهران) نه تنها در خیابان‌های شلوغ واقع شده، بلکه دارای بیشترین تعداد پمپ بنزین است (Salehi, 2010). همچنین ارتفاع زمین در مناطق شمالی

منابع

- توکلی، احمد، وحدت، کتابون، کشاورز، محسن (۱۳۹۸). کروناویروس جدید ۲۰۱۹. دومانه‌نامه طب جنوب. سال ۲۲، شماره ۶.
- سالنامه آماری تهران (۱۳۹۷).
- شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران. ۱۴۰۰. آرشیبو داده‌ها، آلاینده‌ها.
- محمدزاده، محمد. ۱۳۸۰. آشنایی با آمار فضایی. نشریه دانشجویی آمار نداء، ۲، ۱-۱۲.
- مرکز ملی آمار ایران (۱۳۹۷). سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵.
- وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (۱۴۰۰). معاونت اطلاعات و داده.
- پیشگر، الهه (۱۴۰۱). تحلیل جغرافیایی بیماری‌های تنفسی در کلانشهر تهران با رویکرد اپیدمیولوژی فضایی. پایان نامه دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری. دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین.
- Biswas, R(2020). Are men more vulnerable to covid-19 as compared to women. *Biomed J Sci Tech Res*. Volume27. Page: 20645-6. DOI: 10.26717/BJSTR.2020.27.004481.
- Drefahl, Sven Wallace, Matthew Mussino, Eleonora Aradhya, Siddartha Kolk, Martin Brandén, Maria Malmberg, Bo Andersson, Gunnar (2020). A population-based cohort study of socio-demographic risk factors for COVID-19 deaths in Sweden. *Nature communications*. Volume 11. Page: 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18926-3>.
- Elliott P, Wartenberg D. Spatial epidemiology: current approaches and future challenges. *Environmental health perspectives*. 2004;112(9):998-1006.
- Haque, A.; Pant, A.B. Mitigating COVID-19 in the face of emerging virus variants, breakthrough infections and vaccine hesitancy. *J. Autoimmun*. 2022, 127, 102792. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2021.102792>.
- Hasselwander MT, Tiago Bigotte, Joao F Ferreira, Adelino Mejia, Alvin Ferranti, Emma JS. Building back better: The COVID-19 pandemic and transport policy implications for a developing megacity. *Sustainable Cities and Society*. 2021;69:102864. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021>.
- Keshtkar, M.; Heidari, H.; Moazzeni, N.; Azadi, H. Analysis of changes in air pollution quality and impact of COVID-19 on environmental health in Iran: Application of interpolation models and spatial autocorrelation. *Environ. Sci. Pollut. Res*. 2022, 29, 38505–38526. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17955-9>
- Kulldorff, M. A spatial scan statistic. *Commun. Stat. Methods* 1997, 26, 1481–1496
- Kulldorff, M. SaTScan User Guide for Version 10. 2021. Available online: <https://www.satscan.org/techdoc.html> (accessed on 21 May 2022).
- Lak, A., Sharifi, A., Badr, S., Zali, A., Maher, A., Mostafavi, E., & Khalili, D. (2021). Spatio-temporal patterns of the COVID-19 pandemic, and place-based influential factors at the neighborhood scale in Tehran. *Sustainable cities and society*, 72, 103034.
- Li, H.; Xu, X.-L.; Dai, D.-W.; Huang, Z.-Y.; Ma, Z.; Guan, Y.-J. Air pollution and temperature are associated with increased COVID-19 incidence: A time series study. *Int. J. Infect. Dis*. 2020, 97, 278–282. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.05.0>
- Mackenzie J.S., Smith D.W.; COVID-19: a novel zoonotic disease caused by a coronavirus from China: what we know and what we don't. *Microbiology Australia*. 2020, 41(1):45-50.
- Matlawski, B 2007. Towards healthy cities (a planning perspective). Faculty of the built environment planning, p:17.
- Mohammadi, A., Pishgar, E., Fatima, M., Lotfata, A., Fanni, Z., Bergquist, R., & Kiani, B. (2023). The COVID-19 Mortality Rate is Associated with Illiteracy, Age, and Air Pollution in

Urban Neighborhoods: A Spatiotemporal Cross-Sectional Analysis. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 8(2), 85.

- Pishgar, E. F., Zohre Tavakkolinia, Jamileh Mohammadi, Alireza Kiani, Behzad Bergquist, Robert. 2020. Mortality rates due to respiratory tract diseases in Tehran, Iran during 2008–2018: a spatiotemporal, cross-sectional study. *BMC Public Health*, 20(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12889-12020-09495-12887>.
- Salehi E. A report on the environmental status of Tehran. Tehran; 2010.
- Sohrabi, Mohammad-Reza Amin, Rozhin Maher, Ali Bahadorimonfared, Ayad Janbazi, Shahriar Hannani, Khatereh Kolahi, Ali-Asghar Zali, Ali-Reza (2021). Sociodemographic determinants and clinical risk factors associated with COVID-19 severity: a cross-sectional analysis of over 200,000 patients in Tehran, Iran. *BMC infectious diseases*. Pages: 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12879-021-06179-4>.
- Souris, M. 2019. *Epidemiology and geography: principles, methods and tools of spatial analysis*: John Wiley & Sons.
- WHO. Coronavirus (COVID-19) Dashboard: World Health Organization; 2022 [Available from: <https://covid19.who.int/>].

Spatial-temporal analysis of the Prevalence of covid-19 in the neighborhoods of Tehran

Alireza Mohammadi*¹, Jamileh Tavakolinia², Zohreh Fanni³, Elahe Pishgar⁴, Vahid Pishgar⁵

*1- Professor, Department of Geography and Urban Planning, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

2-Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

3- Professor, Department of Geography and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

4- PhD in Geography and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

5- Jahrom Municipality Legal Expert

*Email Address: Alirezamohammadi20142014@gmail.com

Abstract

Introduction

Covid-19 is the third coronavirus after SARS and MERS in the last two decades, which has been able to infect humans by passing through animal species. What is certain is that cities are key jumping off points for the spread of a global pandemic. As this disease has challenged the health infrastructure of cities and the planning of urban planners. Now cities have come to the conclusion that they are very vulnerable and cannot be proud of what they have. Currently, the World Health Organization considers the Covid-19 disease a threat to all countries. The 22nd most populous city in the world has the highest death rate from respiratory diseases in Iran. Before the spread of Covid-19, respiratory diseases were the third cause of death in Iran. In this research, the metropolis of Tehran has been selected as the most populous and most polluted city in the country for research in the field of corona disease. And the main goal of the research is to investigate and spatially analyze disease-19 at the level of neighborhoods in Tehran. The main necessity of this research is the presence of the covid-19 disease at the level of the society and in Tehran as the center of the country, which has so far caused a lot of loss of life and, due to widespread closures, a lot of financial losses to the government and citizens. Due to the unknown nature of this virus, the present study and other related studies are helpful in identifying important dimensions.

Methodology

The method of this research is analytical and exploratory. The data of this research was obtained from the Ministry of Health and Medicine, National Statistics Center of Iran and Tehran Municipality. In age grouping, one of the population census standards including 5 age groups 0-14, 15-24, 15-44, 45-46 and 65 years and above was the basis of the analysis. The data related to the spread of covid-19 (60111 people) were analyzed and prepared in Excel software during 20 months, and then descriptive analysis (including mean, standard deviation) was presented using SPSS software. In this research, 60,111 cases of Covid-19 have been investigated in the neighborhoods of Tehran. Set scan software was used for spatio-temporal analysis. In order to identify and discover the clusters, at first, time analysis was used, then spatial analysis was used, and finally spatio-temporal analysis of the prevalence was done. To investigate spatial autocorrelation, Moran's and cluster and non-cluster analyzes were used. Also, in this research, statistical scanning software was used to identify clusters.

Discussion and findings

The investigation of the spread of covid-19 during 20 months in the neighborhoods of Tehran showed that the distribution of the infection in the neighborhoods was heterogeneous. Men were more affected than women in all age groups, and the age group of 45 to 64 years had a higher incidence than other age groups, and the age groups under 25 had the lowest rate of infection in Tehran. The results of the statistical scan to identify time clusters showed that the highest rate of outbreak occurred in the 13th to 16th months of the outbreak, and as a result, a time cluster was identified in these months. This time cluster covered from April to July 1400. These clusters were close in terms of time and number. Also, 5 spatial clusters were identified in the investigated period, and clusters one and

*- Corresponding, Email: Alirezamohammadi20142014@gmail.com

three were more important in the center and north of Tehran. The most spatial concentration of these clusters was in the center, north and south of Tehran. Some of the most important risk factors are in these two clusters. Like the presence of more elderly people in the northern areas, and polluting gases such as PM10 and NO2 were more scattered in the central and northern areas of Tehran. Finally, a significant spatio-temporal cluster was identified in the center toward the south and southeast, which showed that the prevalence clusters must have been influenced by the specific characteristics of urban neighborhoods. For the purposes of this analysis, spatio-temporal clusters are of the highest importance because they include both time and space. Previous studies show that the central and southern neighborhoods of the city have unsuitable environments due to the intense concentration of activities and pollutants. The results of the local Moran analysis showed that the high patterns are located in the center and the low patterns are located in the western part of the city. The results of the local Moran based on gender showed more changes, so that the high clusters in men were identified in the northern regions in addition to the center, and the low clusters were also present in the southwest in addition to the western regions. In women, there was a high clustering pattern in the central areas, but no low patterns were seen. The reason for the presence of these clusters can be related to the following: the extent of the western areas (21 and 22) is large and the population density and building density are low in them, and instead, most of the businesses and official buildings are located in the central areas of the city. For example, District 12 (Tehran's main commercial center) is not only located in busy streets, but also has the largest number of gas stations. Also, the height of the land is high in the northern and western areas of the city and there are natural air corridors in them. Instead, the amount of air pollution in the central and southern parts of the city has been reported more than in other areas, which can be one of the factors of high clusters in these areas.

Conclusion

It seems that for the effective prevention and control of the spread of Covid-19, individual health and medical policies and measures should be integrated with urban planning strategies, including the control of environmental pollutants and the implementation of environmental health programs. Therefore, paying attention to the investigated prevalence clusters at the neighborhood level of Tehran can help the policy makers of this sector for better planning.

Keywords

Spatio-Temporal Analysis; Covid-19; Incidence; Neighborhoods Of Tehran