



جغرافیا و روابط انسانی، زمستان ۱۴۰۴، دوره ۸، شماره ۴، صص ۲۲۲-۲۰۳

مطالعه توزیع فضایی ویروس کووید-۱۹ با روش های اندازه گیری توابع آماری جغرافیایی در محیط GIS مورد: محلات شهر خوی

حسین نظم فر*^۱، حسین جباری^۲

۱- گروه جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، رایانامه nazmfar@tabrizu.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیا و

برنامه ریزی شهری (نویسنده مسئول*)، h.jabary@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۷

چکیده:

ارتقاء دانش مقابله با بحران هایی که زندگی انسان را تهدید می کند می تواند تاب آوری نسل بشر را تضمین کند. انتشار مداوم ویروس کووید-۱۹ سیستم های بهداشت ملی ایران را همانند سایر سیستم های بهداشت در سراسر جهان تحت تاثیر قرار داد. همه گیری کووید-۱۹ شکلی از نابرابری اجتماعی-اقتصادی و بخصوص مکانی و در نهایت نابرابری سلامت را به وجود آورد. سیستم بهداشت عمومی شهر خوی در استان آذربایجان غربی نیز تحت تاثیر انتشار این ویروس قرار گرفت و اولین مورد ابتلاء و تلفات خود را در تاریخ ۳۰ فروردین ۱۳۹۹ گزارش داد و تعداد ۵۳۰ مورد فوتی را ثبت کرد و مجموعه شبکه بهداشت و درمان شهر خوی تا به امروز با این ویروس مبارزه می کند. این پژوهش با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی در محدوده ۶۲ محله شهر خوی از ابتدای سال ۱۳۹۹ الی پایان سال ۱۴۰۲ توزیع فضایی ویروس کووید-۱۹ با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه کرد. هدف از این پژوهش استفاده از روش های اندازه گیری جغرافیایی بمنظور تجزیه و تحلیل توزیع فضایی ویروس کووید-۱۹ بر پایه نظریه پخش فضایی است. یافته های پژوهش نشان داد دامنه پراکندگی توزیع به صورت متمرکز در محلات غربی شهر خوی با تراکم جمعیت بالا و کشیدگی بیضی توزیع با جهت نسبی شمالی-جنوبی است و عوامل نابرابر در برخورداری از سلامت پایدار تاثیرگذار و مشهود است. مکانیزم پخش فضایی ویروس کووید-۱۹ در محلات خوی با برخی از مراحل و مکانیزم نظریه پخش فضایی تطبیق نسبی داشته و برخی از مراحل نیز در این زمینه بصورت کلی منسوخ می باشد.

کلید واژه: توزیع فضایی، آمار فضایی، پخش فضایی، کووید-۱۹، سیستم اطلاعات جغرافیایی

مقدمه:

اوایل دسامبر ۲۰۱۹ موارد ذات الریه غیر عادی در ووهان^۱ چین معرفی و تشخیص داده شد. سرعت انتشار آن بقدری سریع بود که تا تاریخ ۵ مارس ۲۰۲۰ به ۱۹۶ کشور جهان انتشار یافت (Lu et al. 2020). یک ویروس جدید SARS-COV2 به عنوان عامل بیماری جدید کرونا COVID-19 شناسایی شد (Basu-Ray and et all 2023). کرونا ویروس یک بیماری ویروسی بسیار مسری است که توسط سندرم حاد تنفسی شدید سارس ایجاد می شود. Covid-19 تاثیر فاجعه باری در جهان گذاشته است و تاکنون منجر به مرگ بیش از ۶ میلیون انسان شده است این ویروس در اواخر دسامبر سال ۲۰۱۹ به سرعت در سراسر جهان گسترش یافت این امر موجب شد تا سازمان بهداشت جهانی (WHO) آن را یک بیماری همه گیر جهانی در ۱۱ مارس ۲۰۲۰ اعلام کند (Cascella and et all 2023). سازمان ملل توضیح داد کووید-۱۹ بعنوان یک فاجعه اجتماعی، انسانی و اقتصادی پیشرو است و کشورهای در حال توسعه را نیز تحت تاثیر قرار خواهد داد و سیستم های بهداشت کشورهای جهان را با مشکل و بحران روبرو خواهد کرد (Mollalo et al. 2020; Wu et al. 2020). قدرت عفونی بیماری بر شیوع و شدت یک اپیدمی عفونی تاثیرگذار است (Bailey and Gatrell 2015; Kandwal et al. 2009) با توجه به اینکه این بیماری به عنوان یک اپیدمی جهانی معرفی شد و در سطوح مختلف محلی تا ملی و جهانی تاثیر گذار است در دسترس بودن داده ها و اطلاعات خیلی با اهمیت است، با توجه به این مورد حجم زیاد اطلاعات و تفاوت های مکانی و اجتماعی و اقتصادی؛ مطالعه جغرافیایی ابعاد این بیماری امری اجتناب ناپذیر است. مطابق آخرین آمار سازمان بهداشت جهانی تا تاریخ ۵ مارس ۲۰۲۴ در جهان ۷,۰۳۸,۶۲۳ میلیون نفر از کل ۷۷۴,۸۸۹,۰۷۴ میلیون نفر مبتلا فوت کرده اند. در ایران نیز ۱۴۶,۸۱۱ نفر بر اثر ویروس کووید-۱۹ فوت کرده اند یعنی به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر ۱۷۵ نفر فوت کرده اند (WHO, 2024). شهر خوی نیز از تعداد ۱۷,۲۰۲ هزار مورد مبتلا تعداد ۵۳۰ مورد فوت ثبت شده است. بنابراین ابزارها، تکنیک ها و تحلیل های سیستم اطلاعات جغرافیایی می تواند به متخصصان و جامعه علمی طیف وسیعی از مزایا داشته باشد. با این حجم عظیم تلفات در جهان، سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان یک تحلیلگر مبتنی بر تحلیل فضایی می تواند به دولت ها، کارشناسان، کارکنان پزشکی و شهروندان برای پیشگیری و پاسخگویی کمک نماید. روش های مختلف GIS

¹ Wuhan

بمنظور جلوگیری از انتقال و ردیابی و بسیاری از موارد دیگر به طور گسترده پذیرفته شده اند. داشبورد^۲ کووید-۱۹ مبتنی بر وب توسط دانشگاه جان هاپکینز^۳ و بعدها سازمان بهداشت جهانی نهادهای مختلف منطقه ای در همین مسیر قرار گرفته اند. این داشبوردهای آنلاین^۴ منبع مهمی در طول این بیماری بودند؛ اگرچه سیستم اطلاعات جغرافیایی در ابتدا مبنی بر پیاده سازی تصویر شماتیک و ردیابی متمرکز بود بتدریج به تحلیل های فضایی ترکیبی اجتماعی، اقتصادی، محیطی و پیچیده تر رفت (Ahasan and et al, 2022).

چن و همکاران در سال ۲۰۲۰ رابطه بین مهاجرت و اپیدمی کووید-۱۹ را مطالعه کردند؛ آنها با زمینه اینکه قبل از قرنطینه ووهان حدود ۵ میلیون جمعیت از آن مهاجرت کردند و بطور بالقوه منبع ویروس می باشد، مشخص کردند میزان توزیع و ارتباط آن با مهاجرت از ووهان در مرحله اپیدمی جهت صدور هشدار و جلوگیری از شیوع ویروس اهمیت بالایی دارد. با استفاده از گزارش رسمی ژانویه سال ۲۰۲۰ داده های مورد نیاز را جمع آوری و اطلاعات مکان و زمان را با استفاده از ArcGIS و WinBUGS استخراج و تجزیه و تحلیل کردند. نتایج آنها نشان داد تعدا ابتلا و فوتی به ترتیب در استان هوبی^۵ ۵۹° و ۹۵ درصد نسبت به کل چین بود و استان های سیچوان^۶ و یوننان^۷ در مجاورت تحت تاثیر هستند و خطر زمانی استان هوبی^۸ نسبت به روز قبل نزدیک ۱٫۹ برابر و مداوم در حال افزایش است. در نتیجه مهاجرت از منبع شیوع ویروس منشاء آلودگی عفونی سایر استان های چین بود (Ze-[Liang Chen And et al, 2020](#)). پریتما و آلفردو در ۹ مارس ۲۰۲۰ از انتشار کووید-۱۹ بعد از دو هفته مورد تایید شده در لومباردی ایتالیا انتشار اپیدمی کووید-۱۹ را مطالعه کردند؛ آنها با هدف شناسای الگوی توزیع فضایی و روند گسترش از روش های اندازه گیری و تحلیل فضایی مانند پراکنش نقطه ای، موران، موران محلی، گتیس و LISA^۸ به نتایج خوبی از جمله تغییر الگوی فضایی انتشار بین قرنطینه و موارد دیگر را تایید کردند. تحقیقی با عنوان رگرسیون وزنی و زمانی جغرافیایی بمنظور الگویابی مرگ و میر ناشی از ویروس کووید-۱۹ با دیتای چند منبعی توسط نازو هو و همکاران در سال ۲۰۲۴ برای تمامی ایالت های آمریکا مطالعه شد، با این فرض که تحرک انسانی و شرایط بهداشت عمومی بر گسترش و نوع الگو و مرگ و میر ناشی از ویروس کووید-۱۹ تاثیر

² Dashboard

³ John Hopkins

⁴ online

⁵ Hubei

⁶ Sichuan

⁷ Yunnan

⁸ Hubei

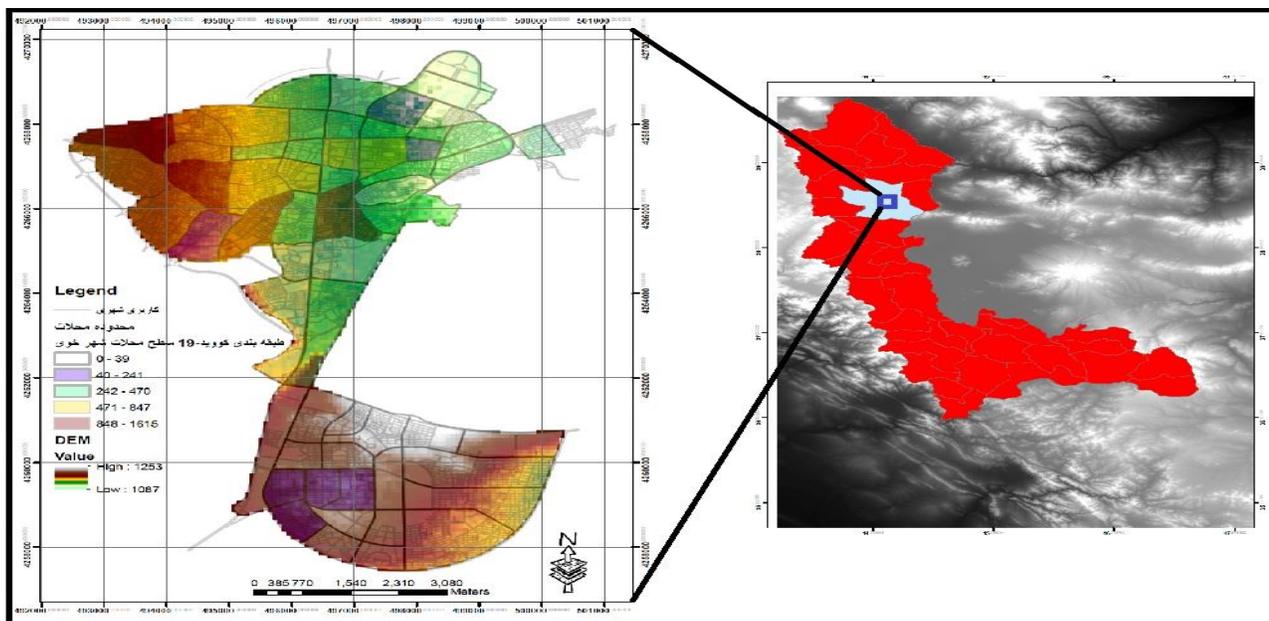
گذار است، آنها نشان دادند توزیع فضایی ویروس با متغیرهای جمعیت شناختی و بهداشتی رابطه مستقیم داشته و در ایالت های مختلف الگوها و نتایج مرگ و میر متفاوتی را ثبت می کند. بعنوان مثال مرگ و میر افراد سالخورده و بیماری زمینه مانند بیماری قلبی و عروقی رابطه معنی داری دارد؛ نتایج تحقیق آنها نشان داد متوسط سکونت در خانه در مرگ و میر تاثیر دارد و حتی بیمه درمانی نیز تاثیر گذار و الگوی متفاوتی را ارائه داد (Nanzhou Hu, And et al, 2024).

مهردانش و همکاران با مفهوم تاب آوری شهری بحران کرونا در مدیریت شهری را مطالعه کردند آنها به این نتیجه رسیدند که تاب آوری با محوریت افزایش و ارتقاء دانش شهروندان ارتباط دارد، آینده نگری به تاب آوری شهری در مقابل بیماری کووید-۱۹ می تواند در مدیریت بیماری موثر باشد (مهردانش و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۳۲). به محمدی حمیدی و همکاران در سال ۲۰۲۱ با مطالعه اپیدمی کووید-۱۹ در سطح جهانی و با تطبیق نظریه پخش هاگسترند به نتایج مهمی دست یافتند. آنها با استفاده از داده های سازمان بهداشت جهانی نشان دادند انتشار جغرافیایی این ویروس بجزء در مراحل اولیه نظریه هاگسترند در مراحل بعدی منسوخ و غیر قابل استناد می باشد (Mohammadihamidi s and et all, 2021). در سال ۲۰۲۳ عیسی زاده و همکاران با استفاده از تحلیل و آمار فضایی؛ توانستند توزیع فضایی کووید-۱۹ را الگویابی کنند. آنها با مقایسه آمارهای بین دو استان قم و مازندران دریافتند انتشار ویروس با توجه به تفاوت های مکانی و زمانی در دو استان متفاوت است. از مهمترین نتایج ایشان می توان به موضوع گردشگری مذهبی و طبیعی بعنوان وجه مشترک دو استان اشاره کرد، رابطه معنی داری با الگو و انتشار مکانی و زمانی ویروس وجود دارد (عیسی زاده و همکاران، ۲۰۲۳). بازرگان و امیرفخریان در سال ۲۰۲۰ با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و ژئودیتا ویروس کووید-۱۹ در محدوده ملی (ایران) مطالعه کردند. ایشان از ابزارهای اندازه گیری و الگویابی فضایی GIS در تجزیه و تحلیل استفاده کرده اند، ابتدا برای نمایش پراکنش فضایی ویروس با استفاده از ابزار اندازه گیری تراکم نقطه و در نهایت جهت الگوی یابی انتشار فضایی از روش های ضریب موران، خودهمبستگی فضایی استفاده کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که مهمترین عامل انتشار فضایی ویروس کرونا در کشور؛ فاصله و مجاورت مکانی استانهای درگیر با این بیماری است (بازرگان و امیرفخریان، ۲۰۲۰). با توجه روند و سرعت گسترش و انتشار ویروس کووید-۱۹ موجب تلفات جانی، رکود اقتصادی و بسیاری از بحران های چند بعدی اجتماعی، اقتصادی خواهد شد و نتایج آن سالها ادامه خواهد داشت. این پژوهش با هدف تجزیه و تحلیل داده های ویروس کووید-۱۹ مرتبط با ویژگی های مکانی آن در سطح محلات شهر خوی و با

سوالاتی منجمله مرکز توزیع کجاست؟ شکل و جهت توزیع چیست؟ و ویروس کووید-۱۹ در سطح محلات چقدر پراکنده است؟ انجام شد؛ و در نهایت با تطبیق مراحل نظریه پخش فضایی "هاگسترند" با نتایج تحقیق به بررسی چگونگی مکانیزم گسترش فضایی و مکانی ویروس کووید-۱۹ در محلات شهر خوی پرداخت. اندازه گیری و دست یابی به مکانیزم پخش فضایی ویروس کووید-۱۹ در سطح محلات شهری مهمترین دست آورد و نقطه قوت این پژوهش با پژوهش های دیگر می باشد.

موقعیت و محدوده پژوهش

شهر خوی در استان آذربایجان غربی و مرکز شهرستان خوی می باشد. مساحت این شهر بر اساس طرح تفصیلی معادل ۴۰۵۸/۱ هکتار و ۲ منطقه شهری و ۶۲ محله؛ دومین شهر استان دارای اقلیم سرد و نیمه خشک و جمعیت شهرستان خوی طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ برابر با ۳۴۸۰۶۶۴ نفر، که از این تعداد ۱۹۸۰۸۴۵ نفر ساکن شهر خوی هستند. شهر خوی در ۴۲ درجه و ۳۳ دقیقه و ۳۶ ثانیه عرض جنوبی و ۴۲ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی و ۴۹ درجه و ۱۸ دقیقه طول غربی واقع شده است (شکل شماره ۱).



شکل شماره ۱: منطقه مورد مطالعه

تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳

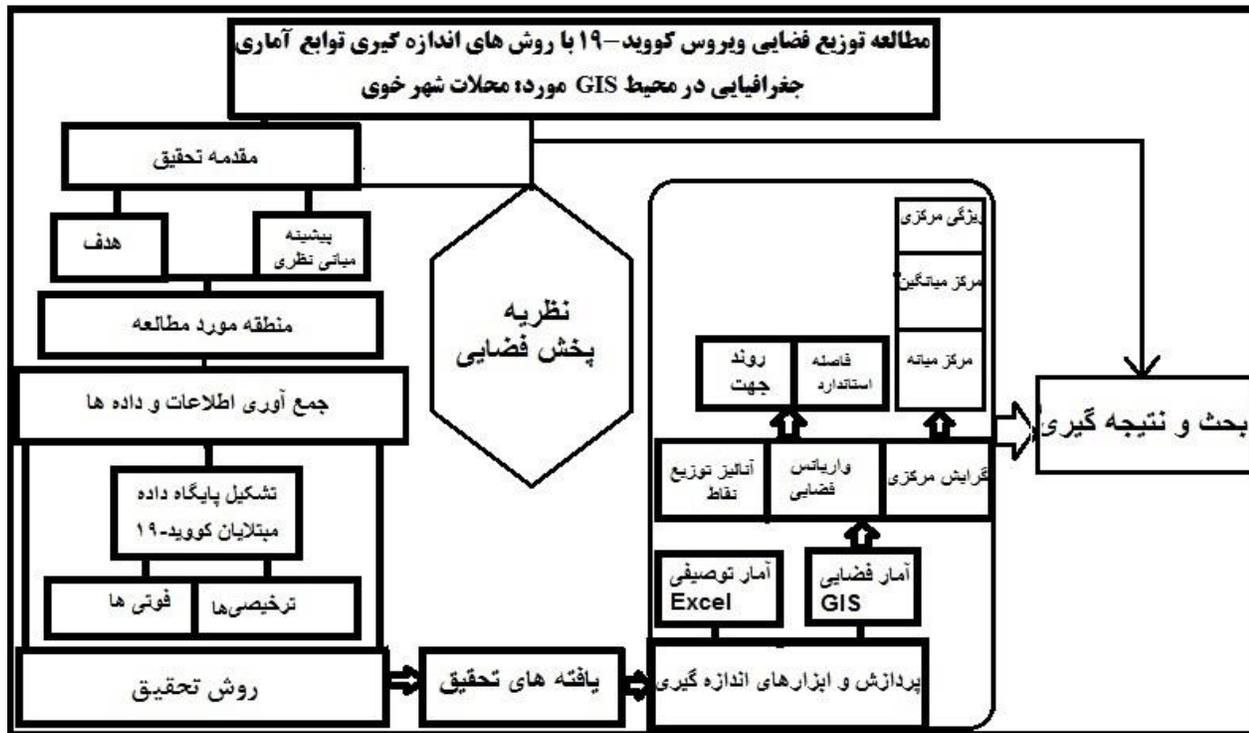
⁹ Torsten Hägerstrand 1916–2004

روش تحقیق:

هوش مکانی ماهیت مبارزه با ویروس کووید-۱۹ را دچار تغییر کرد. نقشه و سیستم های اطلاعات جغرافیای بینش های ارزشمندی به سازمان ها و محققین داد تا مدیریت بحران نمایند. بسته به نوع تحقیقات با مشاهده یک نقشه نمی توان اطلاعات دقیق و واضح تری از داده ها کسب کرد. بنابراین تجزیه و تحلیل آماری، جهت استخراج اطلاعات بیشتر و عمیق تر از داده ها کمک می کند. در این پژوهش روش های اندازه گیری توزیع جغرافیایی covid-19 برای محاسبه و به نمایش گذاشتن ویژگی مجموعه توزیع ویروس استفاده شد و مقداری را محاسبه کرد که نشان دهنده ویژگی مجموعه توزیع داده ها است. این پژوهش در چهارچوب تحقیقات کاربردی و روش تحقیق از نوع توصیفی-تحلیلی می باشد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ و مایکروسافت آفیس^۲ استفاده شد. مجموعه داده های آماری تحقیق، شامل تعداد مبتلایان به ویروس کرونا (۱۷،۲۰۲ هزار نفر) در شهر خوی در محدوده زمانی ۱۳۹۹/۰۱/۰۱ الی ۱۴۰۲/۱۲/۲۹ از مخزن دانشکده علوم پزشکی شهرستان خوی استخراج و مورد استفاده قرار گرفت. محدوده پژوهش شامل مرز خدماتی طرح جامع و تفصیلی مصوب سال ۱۳۹۲ با تجدید نظر سال ۱۴۰۰ شهرداری خوی و تاییدیه وزارت راه و شهرسازی ابلاغیه شورای عالی شهرسازی و معماری کشور می باشد. در راستای داده کاوی و شناخت ساختار فضایی داده های ویروس کووید-۱۹ در سطح محلات ابزارهایی مانند ویژگی مرکزی، توزیع جهت دار، میانگین جهت خطی، مرکز میانگین، مرکز میانه و فاصله استاندارد در تجزیه و تحلیل آمار فضایی استفاده شد. با تصویر سازی، تولید نقشه ها و نمودارهای مرتبط تجزیه و تحلیل دقیق و عمیق ارائه شد. ابتداء مرکزی ترین ویژگی^۳ محله به عنوان ویژگی با کمترین فاصله انباشته شده با سایر ویژگی به لحاظ داده های ویروس کووید-۱۹ شناسایی و ترسیم شد؛ در ادامه با استفاده از ابزارهای جهت توزیع^۴ میانگین جهت خطی^۵ میانگین مرکز^۶ میانه مرکز^۷ و فاصله استاندارد^۸

^۱ ArcGIS	0
^۱ Microsoft Office tools (Excel)	
^۱ Central Feature	2
^۱ Directional Distribution	3
^۱ Linear Directional Mean	4
^۱ Mean Center	5
^۱ Median Center	6
^۱ Standard Distance	7

شکل و جهت توزیع و در نهایت میزان پراکندگی ویروس کووید-۱۹ در سطح ۶۲ محله شهر خوی اندازه گیری شد (شکل شماره ۲).



شکل شماره ۲: مدل مفهومی تحقیق

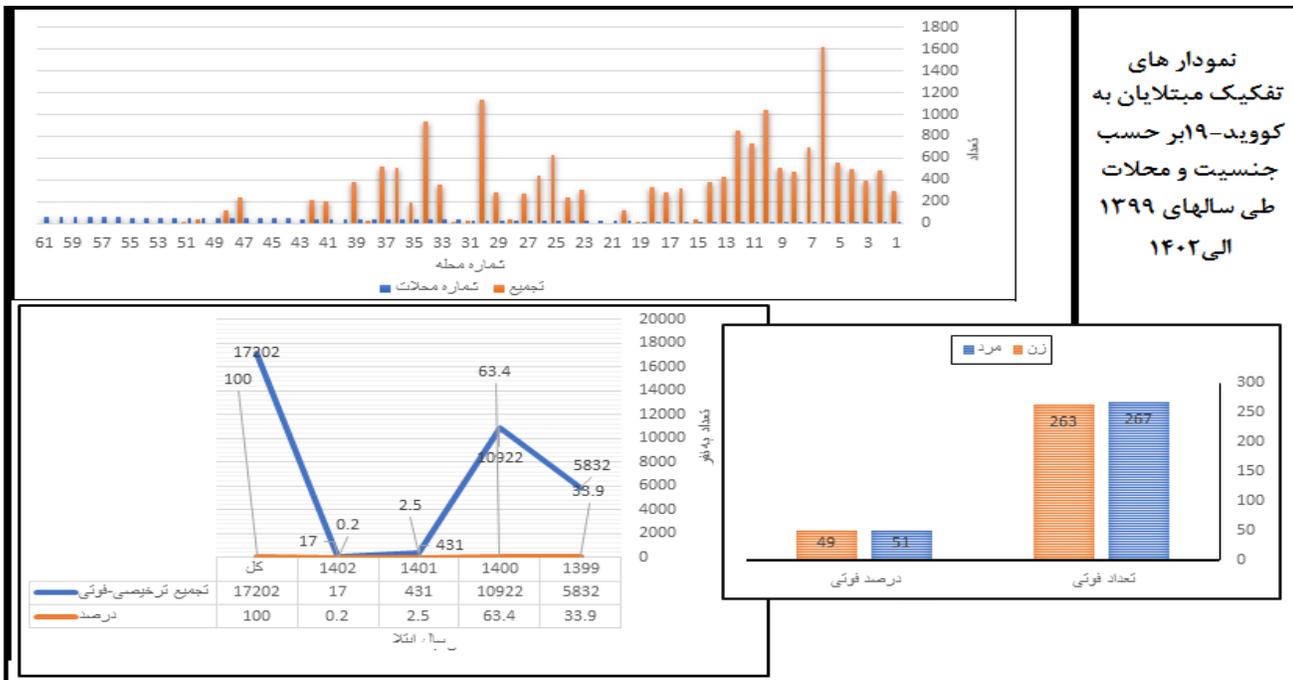
تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳

یافته های پژوهش:

مطابق آمار داشبورد سازمان بهداشت جهانی^۱ تا تاریخ ۱۰ مارس ۲۰۲۴ تعداد ۱۴۶،۸۱۱ نفر از ۷،۶۲۷،۱۸۶ نفر مورد ابتلای تایید شده فوت کرده اند یعنی به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر ۱۷۵ نفر فوت کرده اند. از مجموع ۱۷،۲۰۲ مورد مورد تایید شده تعداد ۹،۳۷۲ مورد مرد یعنی ۵۴/۴ درصد و ۷،۸۳۰ مورد زن یعنی ۴۵/۶ درصد تشکیل می دهند، تعداد ۲۶۷ مورد فوتی مردان یعنی ۰/۵۱ درصد و تعداد ۲۶۳ مورد فوتی زنان یعنی ۰/۴۹ درصد را تشکیل می دهند. ۳/۴ درصد مبتلایان در طبقه سنی ۱۵-۰ و ۸۹/۲ درصد از مبتلایان در طبقه سنی ۱۶-۶۵ و ۷/۴ درصد در طبقه سنی بیشتر از ۶۶ سال تشکیل می دهد، ۰/۳۱ درصد در طبقه سنی ۶۵-۰ سال و ۰/۶۹ درصد فوتی ها در

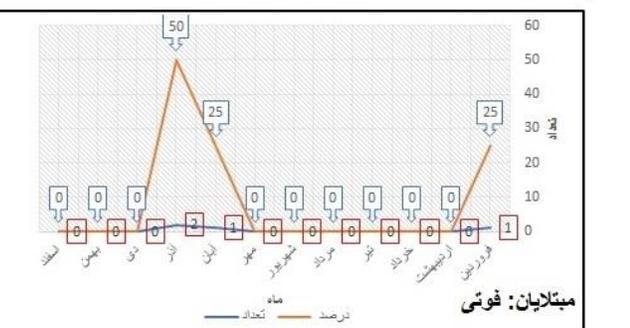
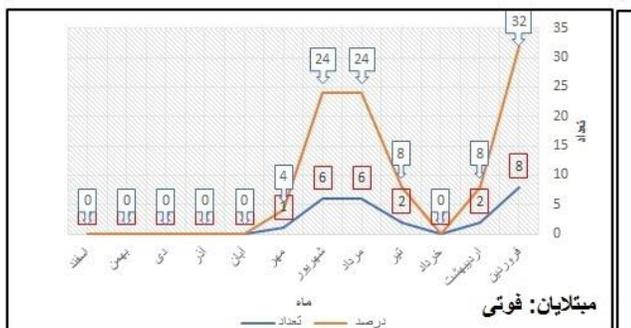
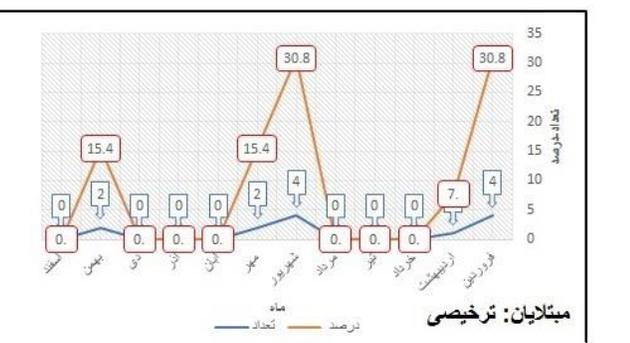
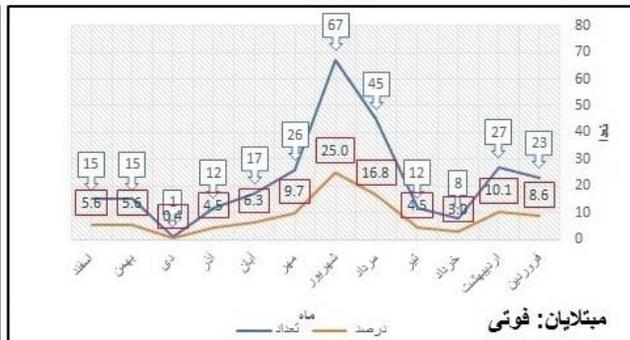
¹ World Health Organization

طبقه سنی بالای ۶۵ سال قرار دارند. از ۶۲ محله شهر خوی، محلات شماره ۶-۷-۱۰-۱۱-۱۲-۲۵-۳۰-۳۴ با ۰/۴۴ درصد از مبتلایان بیشترین تعداد را به خود اختصاص دادند. طی سالهای ۱۳۹۹ الی ۱۴۰۲ بیشترین آمار مبتلایان در سال ۱۴۰۰ به تعداد ۱۰،۹۲۲ یعنی ۶۳/۴ درصد و کمترین آمار در سال ۱۴۰۲ با ۰/۲ درصد به خود اختصاص داد (شکل شماره ۳). بررسی روند ابتلا طی چهار سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ نشان می دهد میزان ابتلا و مرگ و میر در ماهها و سالها تفاوت زیادی ندارد و بررسی داده ها و نمودارهای پیوستی نشان می دهد فصل های تابستان و پاییز و زمستان بیشترین مبتلایان و فوتی ها را دارد. در سال ۱۳۹۹ ابتلا و فوتی ها در تابستان و پاییز بیشترین افزایش داشته و منجر به مرگ ۳۵ نفر در تیرماه و ۷۵ نفر در آبان سال ۱۳۹۹ شد. در سال ۱۴۰۰ تعداد مبتلایان (۳۸۸ نفر) و فوتی ها (۱۲۴ نفر) در تابستان بیشترین افزایش داشت. در سال ۱۴۰۱ تعداد مبتلایان (۲۹۸ نفر) و فوتی ها (۱۲ نفر) در تابستان و ۸ نفر در فروردین بیشترین افزایش داشت. در سال ۱۴۰۲ تعداد مبتلایان (۱۱ نفر) بهار و تابستان و فوتی ها (۱۲ نفر) در تابستان و زمستان بیشترین افزایش داشت (شکل شماره ۴).



شکل شماره ۳: نمودار مبتلایان و فوتی های کووید-۱۹ سطح محلات شهر خوی طی سالهای ۱۳۹۹-۱۴۰۲

تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳



شکل شماره ۴: نمودار روند مبتلایان و فوتی های کووید-۱۹ سطح محلات شهر خوی به تفکیک ماه و سال ۱۳۹۹-

۱۴۰۲

تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳

آمار فضایی^{۱۹}

آمار توصیفی می تواند در دست یابی به بسیاری از نتایج عمیق و بهتر استفاده گردد؛ بدین منظور داده ها باید با ویژگی های مکانی و جغرافیایی مرتبط گردند، آمار فضایی با انجام این تلفیق با توابع گوناگون توانایی محققین در دست یابی به نتایج بهتر کمک می کند. توابع اندازه گیری توزیع جغرافیایی^{۲۰} توانست در تصویر سازی و خلاصه کردن داده های کووید-۱۹ و ایجاد ارتباط با لایه اطلاعات تقسیم بندی محلات شهر خوی با ویژگی های مختلف اجتماعی، اقتصادی و فیزیکی دانش و اطلاعات مرتبط با این سوالات که مرکزی ترین ویژگی در کدام محله واقع شده است؟ و یا مرکزی ترین محله به لحاظ بیشترین مبتلایان و فوتی های کووید-۱۹ کدام محله است؟ و شکل و جهت داده ها چگونه است؟ و در نهایت توزیع داده ها در سطح محلات چقدر پراکنده هستند؟ پاسخ دهد. نتایج نهایی این سوالات در این پژوهش در دستیابی به دامنه تغییرات و مقایسه ویژگی توزیع داده ها کووید-۱۹ در سطح محلات مورد استفاده قرار گرفت.

محاسبه گرایش به مرکز^{۲۲}

اولین و مهمترین اصل در تحلیل داده های کووید-۱۹ در سطح محلات؛ مشخص نمودن اندازه و میزان گرایش داده های مبتلایان به کووید-۱۹ در سطح محلات است. در این پژوهش با استفاده از ابزار ویژگی مرکزی لایه^{۲۳} محله بندی شهر خوی با داده های مبتلایان به کووید-۱۹ طی سالهای ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ مطابق نقشه شماره ۲ تعداد مبتلایان محله شماره ۷ با ۶۹۳ نفر ابتلا به کووید-۱۹ در بین ۶۲ محله بعنوان مرکزی ترین ویژگی کووید-۱۹ مشخص شد.

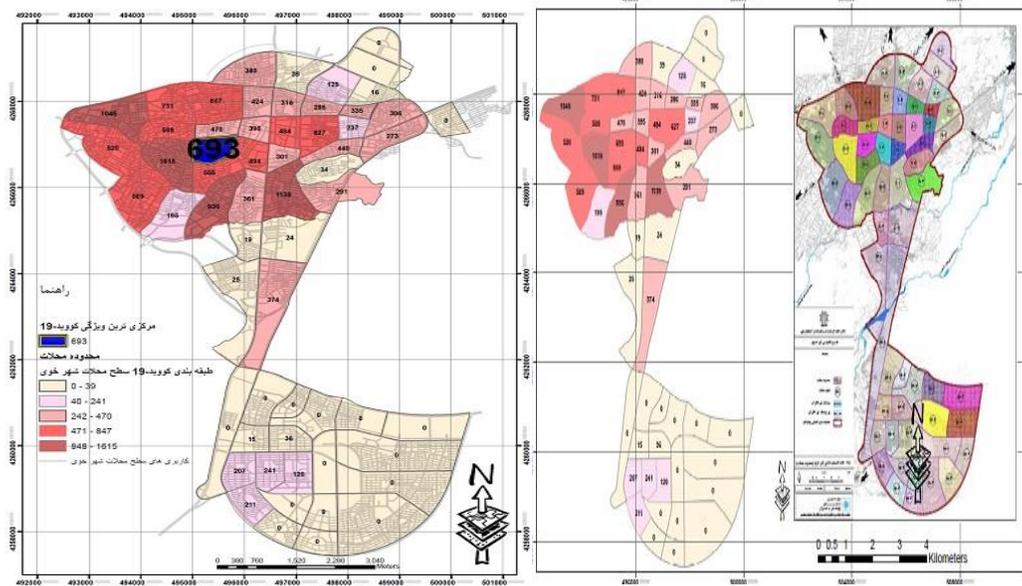
¹ Spatial Statistics 9

² Geographic distribution measurements

² Link 1

² Measuring Spatial Central Tendency

² shapefile 3



نقشه شماره ۱: تطبیق محدوده محلات شهر خوی طبق طرح جامع نقشه شماره ۲: مرکزی ترین ویژگی (Central Feature)

تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳

تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳

میانگین مرکز جغرافیایی داده ها با میانگین مختصات (X-Y) داده های ورودی برای هر محله با استفاده از ابزار مرکز میانگین وزنی و غیر وزنی مطابق فرمول شماره یک و دو در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲ محاسبه شد.

فرمول شماره ۱:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \text{ و } \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad n = \text{تعداد کل مبتلایان} \quad x_i \text{ و } y_i \text{ موقعیت مکانی (مبتلایان)}$$

فرمول شماره ۲:

$$W_i = \text{وزن ویژگی مبتلایان } i \quad \bar{X}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \text{ و } \bar{Y}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

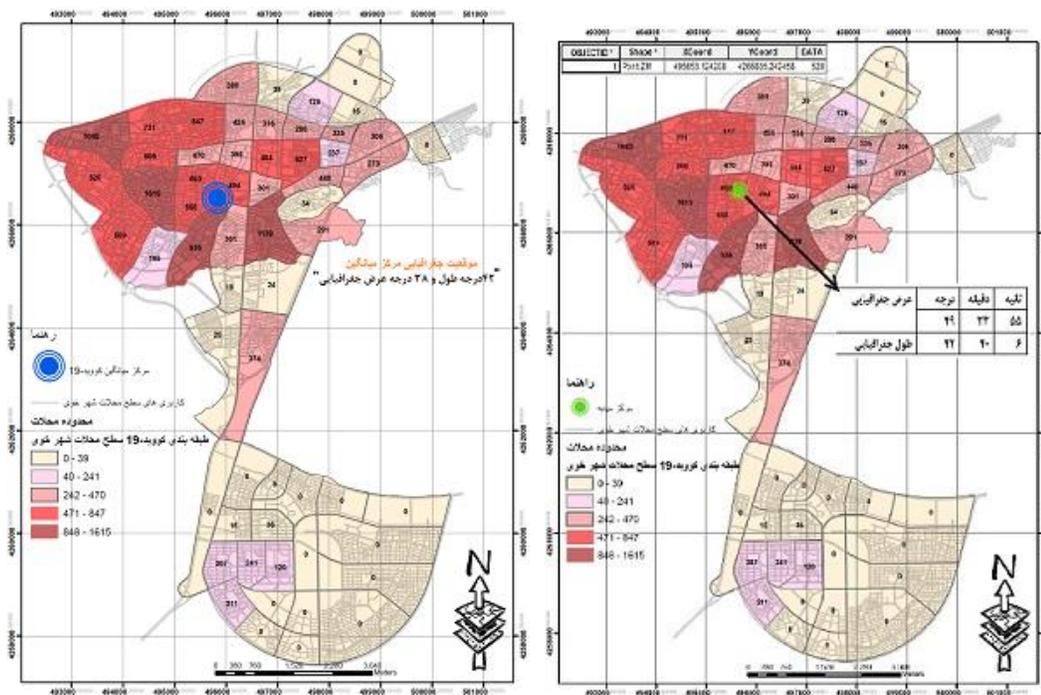
و مطابق نقشه شماره ۴ محله شماره ۷ بعنوان مرکز میانگین جغرافیایی (با مختصات ۴۴,۹۵۲۱ طول جغرافیایی - ۳۸,۵۴۷۱ عرض جغرافیایی) داده های کووید-۱۹ شهر خوی مشخص شد. برای تعیین دقیق موقعیت جغرافیایی و مکانی مرکزی ترین ویژگی و شناسایی سطح تعادل محله ای انتشار کووید-۱۹ مطابق نقشه شماره ۳ از روش الگوریتمی کوهن و کوئنن در سال ۱۹۶۲ فرمول مقابل را ارائه نمودند:

² ArcGIS

$$d_i^t = \sqrt{(x_i - x^t)^2 + (y_i - y^t)^2}$$

فرمول شماره ۳:

از ابزار میانه مکانی یا مرکز میانه استفاده شد؛ مرکز میانه نسبت به روش مرکز میانگین در محاسبه و به صفر رساندن تاثیر داده های پرت فضایی قوی عمل می کند و زمانی که از مرکز میانه استفاده شد، نتایج پژوهش با هدف داده کاوی و اندازه گیری توزیع فضایی کووید-۱۹ در سطح محلات بهترین معیار برای تعیین مرکزی ترین و ویژگی و یا مرکزی ترین محله به لحاظ انتشار ویروس با آمار ۵۲۰ مورد ابتلا را نشان داد (نقشه شماره ۳). سه ابزار مذکور گرایشات مرکزی توزیع کووید-۱۹ در سطح محلات را تخمین زد؛ در ادامه روند پراکندگی و تغییرپذیری فضایی داده ها اندازه گیری شد.



نقشه شماره ۳: مرکز میانه جغرافیایی (Median Center) نقشه شماره ۴: مرکز میانگین جغرافیایی (Mean Center)

تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳

تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳

اندازه گیری واریانس فضایی و روند جهت^{۲۵}

تغییر پذیری و پراکندگی فضایی پتانسیل بالایی در تجزیه و تحلیل داده ها دارد. محققین می توانند با نگاه به نقشه های این بخش مناسب ترین پیشنهادات را ارائه دهند؛ ایجاد فاصله استاندارد فضایی بمنظور بررسی میزان تمرکز یا

² Measures of Spatial Variance and Directional Trends

پراکندگی ویژگی ها در اطراف مرکز میانگین فضایی است. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزار فاصله استاندارد مطابق فرمول ذیل اجرا شد.

فرمول شماره ۴:

$$SD_W = \sqrt{= \frac{\sum_{i=1}^n w_i(x_i - \bar{X}_W)^2}{\sum_{i=1}^n w_i} + \frac{\sum_{i=1}^n w_i(y_i - \bar{Y}_W)^2}{\sum_{i=1}^n w_i}}$$

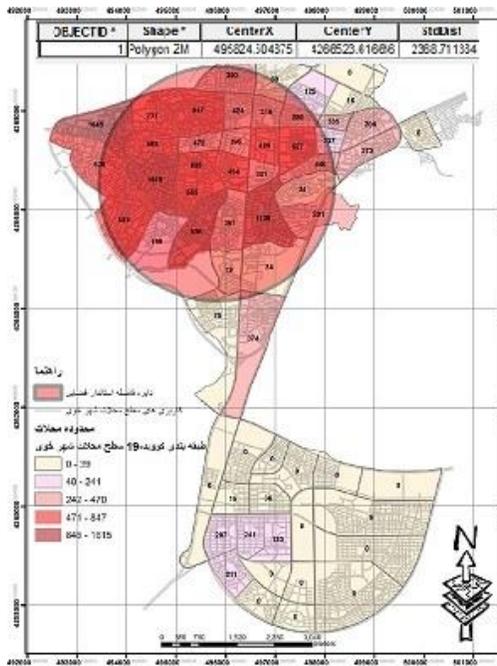
توضیحات: W_i وزن ویژگی i و $\{\bar{X}_W, \bar{Y}_W\}$ که نشان دهنده وزن مرکز میانگین است.

فاصله استاندارد یک آمار فضایی مفید می باشد؛ زیرا خلاصه ای از توزیع ویژگی در اطراف مرکز میانگین آنها را نمایش می دهد. نقشه شماره ۶ نشان داد واحد فاصله توزیع کووید-۱۹ در اطراف مرکز میانگین متمرکز است. دایره توزیع مجموعه پراکندگی ویروس کووید-۱۹ در سطح شهر خوی در مقیاس محلات بصورت پراکنده و غیر متمرکز می باشد. دایره توزیع کووید-۱۹ با شعاع برابر با ۲,۳۶۸ متر در سطح محلات بدست آمد. این موضوع نشان می دهد توزیع از عدم تمرکز یا فشردگی خاصی در یک یا چند محله می باشد. موضوع مهمتر از فاصله استاندارد؛ مشخص نمودن این فاصله در جهت های مختلف است. سیستم اطلاعات جغرافیایی با استفاده از فرمول شماره ۵ اندازه گیری روند و یا جهت مجموعه ای از نقاط یا مناطق را با محاسبه فاصله استاندارد به طور جداگانه در جهت های X و Y نسبت به مرکز میانگین محاسبه می کند. محصول این محاسبات تولید بیضی انحراف استاندارد توزیع کووید-۱۹ در سطح محلات شهر خوی است (نقشه شماره ۵). نقشه مذکور بیضی انحراف استاندارد وزنی (داده های کووید-۱۹) می باشد، زیرا مقدار داده های کووید-۱۹ در سطح لایه محلات شهر خوی محاسبه و جهت توزیع را نشان داد.

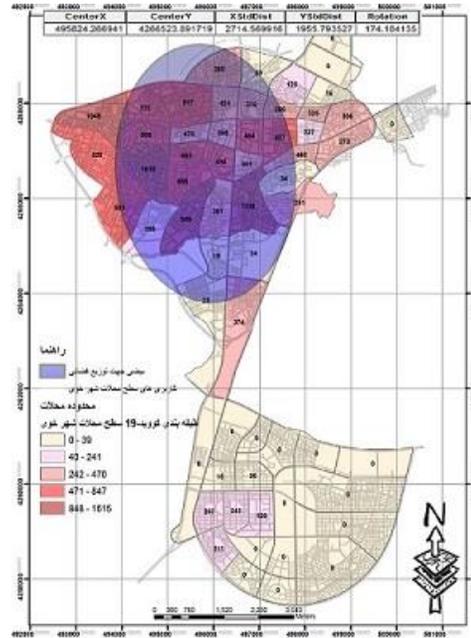
$$SDE_x = \sqrt{= \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{N}} \quad \text{---} \quad SDE_y = \sqrt{= \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{N}} \quad \text{فرمول شماره ۵:}$$

x_i و y_i مختصات ویژگی i و \bar{X} And \bar{Y} نشان دهنده مرکز میانگین و N تعداد کل ویژگی است.

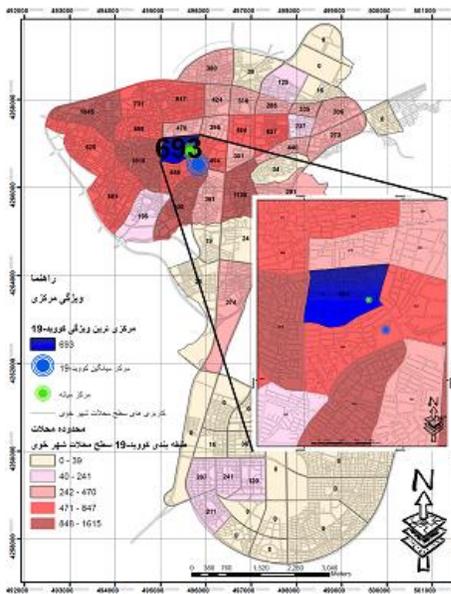
² Standard Deviational Ellipse



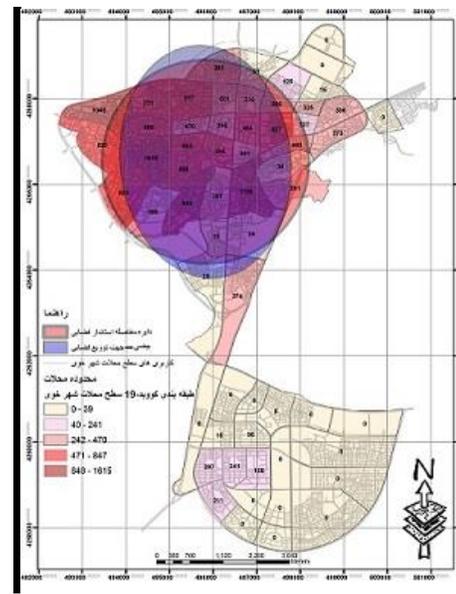
نقشه شماره ۶: دایره فاصله استاندارد
تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳



نقشه شماره ۵: بیضی انحراف استاندارد
تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳



نقشه شماره ۸: ویژگی مرکزی- مرکز میانگین- مرکز میانه
تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳



نقشه شماره ۷: بیضی انحراف استاندارد- دایره فاصله استاندارد
تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳

محاسبه آنالیز توزیع نقاط^{۲۷}

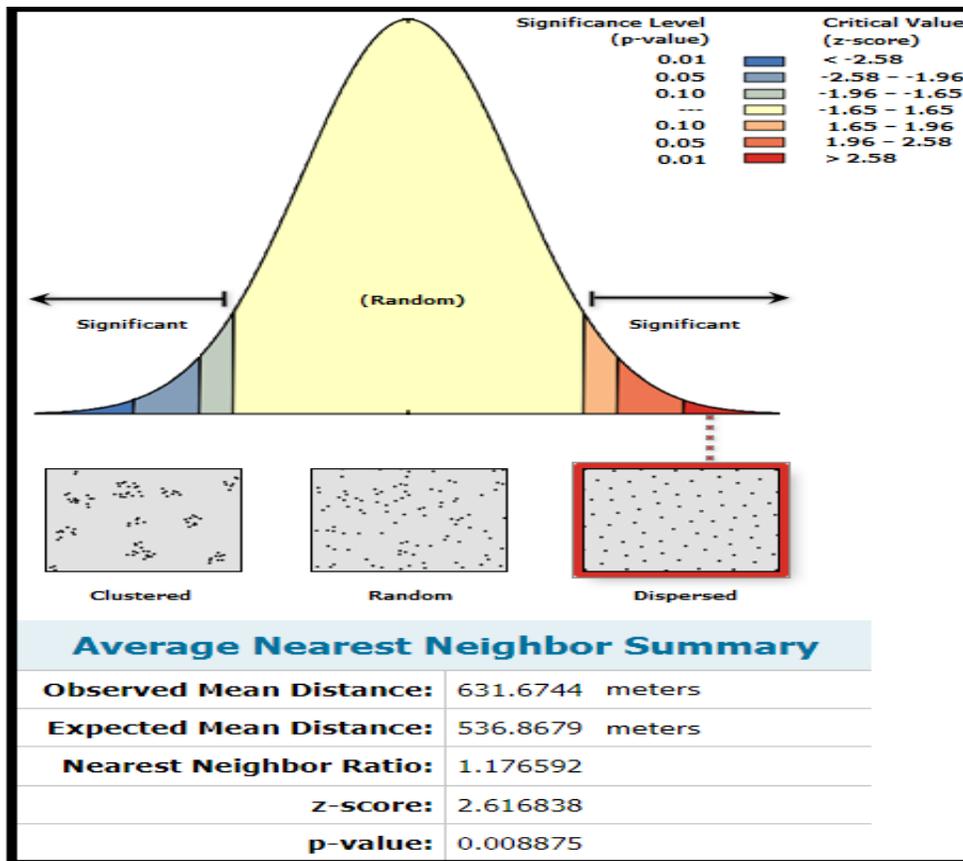
شناسایی الگوهای جغرافیایی مهمترین گام در درک و تبیین رفتار پدیده های جغرافیایی است. در این تحقیق با استفاده از الگوریتم میانگین فاصله نزدیکترین همسایه الگوی پراکندگی ویروس کووید-۱۹ در سطح محلات با استفاده از ابزار میانگین نزدیکترین همسایه^۸ در سیستم اطلاعات جغرافیایی بدست آمد؛ مطابق فرمول شماره ۶ محاسبات داده ها انجام شد. این ابزار سه الگوی پراکنده، تصادفی و خوشه ای را با استفاده از آزمون آماری بر اساس میانگین فاصله هر ویژگی با ویژگی نزدیکترین همسایگانش را محاسبه می کند؛ این ابزار فقط توزیع داده ها و ویژگی ها را محاسبه می کند. این ابزار به سوالات این تحقیق در مورد نسبت همسایگی چقدر است؟ و الگوی توزیع داده های کووید-۱۹ چیست؟ پاسخ داد. نحوه قرار گیری نقاط نسبت به یکدیگر ساختار فضایی داده ها را شکل می دهد. مطابق شکل شماره ۴ الگوی فضایی توزیع ویروس کووید-۱۹ بر مبنای محلات در شهر خوی بصورت تصادفی است؛ نتایج نشان داد الگوی فضایی توزیع از سال ۱۳۹۹ الی ۱۴۰۲ با سطح اطمینان ۰/۹۹ و Z-score برابر ۲٫۶۱ > و p-value برابر ۰/۰۰۸ بصورت الگوی توزیع پراکنده می باشد.

$$\bar{D}_O = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}} \quad \text{And} \quad ANN = \sqrt{\frac{\bar{D}_O}{\bar{D}_E}} \quad \text{فرمول شماره ۶:}$$

$\bar{D}_E =$ میانگین فاصله مورد انتظار $\bar{D}_O =$ میانگین فاصله

² Analyzing Point Patterns

² Average Nearest Neighbor tool



شکل شماره ۴: آزمون آماری پراکنش فضایی داده های کووید-۱۹ محلات شهر خوی

تهیه: نگارندگان ۱۴۰۳

بحث و نتیجه گیری

سیستم اطلاعات جغرافیایی یکی از مهمترین ابزارهای ما برای درک سیستم بهداشت عمومی و بسیاری از جنبه های زندگی مان است. ArcGIS بیش از هر زمان دیگری در کانون توجه قرار گرفته است. مردم و مدیران شهری بدون تعلل در سراسر جهان به داده ها و نقشه های نظارتی روی می آورند تا آنچه که در جهان رخ می دهد درک کنند و به سوالات مهم جنبه های مختلف ویروس کووید-۱۹ پاسخ دهند. این تحقیق با استفاده از تحلیل فضایی و آزمون های آماری از توزیع داده های کووید-۱۹ در سطح محلات شهر خوی به عنوان رشته ارتباطی استفاده کرد تا بفهمد محدوده مورد مطالعه چگونه بر چالش کووید-۱۹ تأثیر گذاشت. با بررسی داده ها در رابطه به موقعیت جغرافیایی آن، الگوی فضایی پراکنده ویروس کووید-۱۹ در سطح محدوده شهر خوی شناسایی شد و روند انتشار ویروس کووید-۱۹ از سال ۱۳۹۹ الی ۱۴۰۲ در محدوده محلات غربی شهر خوی با بافت فیزیکی و اجتماعی مترکم بصورت نسبتاً متمرکز می باشد. نتایج نشان داد تعداد ۹،۳۷۲ مورد مرد یعنی ۵۴/۴ درصد و ۷،۸۳۰ مورد زن

یعنی ۴۵/۶ درصد تشکیل می دهند، تعداد ۲۶۷ مورد فوتی مردان یعنی ۰/۵۱ درصد و تعداد ۲۶۳ مورد فوتی زنان یعنی ۰/۴۹ درصد را تشکیل می دهند، یعنی مردان بیشتر از زنان مبتلا و فوت کرده اند. حدود ۸۹/۲ درصد از مبتلایان در طبقه سنی ۶۵-۱۶ قرار دارند بعبارتی جوانان و میان سالان به دلایل مختلف منجمله شغل و فعالیت های اجتماعی، اقتصادی، ارتباطات و زمینه ای بیشترین میزان را داشت. بلحاظ مکانی محلات شماره ۶-۷-۱۰-۱۱-۱۲-۲۵-۳۰ و ۳۴ با ۰/۴۴ درصد از مبتلایان بیشترین تعداد را به خود اختصاص دادند، محلات و موقعیت مکانی هر محله به دلایل مختلف منجمله بافت فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و غیره می تواند در میزان همه گیری و درگیر نمودن مردم تاثیر گذار باشد. محلات واقع در بخش غربی شهر خوی بدلیل تراکم بالای جمعیت و فعالیت نشان داد محل تمرکز انتشار کووید-۱۹ است. طی سالهای ۱۳۹۹ الی ۱۴۰۲ بیشترین آمار مبتلایان در سال ۱۴۰۰ به تعداد ۱۰،۹۲۲ یعنی ۶۳/۴ درصد و کمترین آمار در سال ۱۴۰۲ با ۰/۲ درصد به خود اختصاص داد؛ یعنی آمار سال اول انتشار اپیدمی خیلی مهم و تاثیر گذار است و مسئولان بهداشتی و مدیران شهری بایستی توجه ویژه ای به این موضوع داشته باشند. درک جغرافیایی و شناسایی علت انتشار کووید-۱۹ با اندازه گیری توزیع فضایی بلحاظ پراکنش، روند و جهت بدست آمد. اندازه گیری، تحلیل آمار فضایی و جغرافیایی ویروس کووید-۱۹ در شهر خوی نشان داد تمرکز و گسترش ویروس در هسته مرکزی به سمت نواحی غربی است. آزمون آماری تایید کرد توزیع فضایی ویروس در سطح شهر خوی بصورت پراکنده می باشد. جمعیت و فاصله مکانی محلات در ناحیه مرکزی و غربی شهر خوی تا شعاع ۲،۳۶۸ متر پراکندگی و تمرکز انتشار ویروس در این محلات شدت بالایی دارد. الگوی پراکنش فضایی انتشار کووید-۱۹ در شهر خوی، الگوی فضایی پراکنده را نشان داد. چنانچه الگوی فضایی خوشه ای خطرناک می باشد، الگوی پراکنده برای بیماری های همه گیر الگوی متداول می باشد. انتشار ویروس از هسته مرکزی به سمت نواحی غربی پرجمعیت، متراکم بلحاظ کاربری مسکونی و بافت فیزیکی ارگانیک نشان می دهد این مناطق در جذب و انتشار ویروس فعال می باشد.

مطالعه ماهیت مکانی پدیده ویروس کووید-۱۹ و تطبیق انتشار فضایی آن در محلات شهر خوی با نظریه پخش فضایی تورستن هاگسترند^{۲۹} جغرافیدان سوئدی نقطه قوت و نوآوری این پژوهش است. یافته های تحقیق نشان داد وجود پدیده کووید-۱۹ در محلات و گسترش خاص و منحصر بفرد آن منجر به پخش فضایی در تمام محلات شهر می باشد. ماهیت انتشار فضایی ویروس در محلات نشان داد جابجایی مکانی رخ نداده است و شدت آن در خواستگاه انتشار ویروس در برخی محلات کم و زیاد شده است ولی از بین نرفته است بعبارتی با پخش جابجایی مکانی این نظریه صدق نمی کند. نتایج نشان داد پخش فضایی سازش پذیر و سلسله مراتبی نظریه در این پژوهش بدلیل ماهیت ویروس کووید-۱۹ صدق نمی کند؛ بعبارتی مقاومت مردم و سیاست های قرنطینه سازمان ها، پخش سازش پذیر را نقض می کند. پخش سلسله مراتبی نیز بدلیل ماهیت ویروس و نحوه سرایت به صورت برعکس

² Torsten Hägerstrand 1916-2004

عمل کرده و طبقات اجتماعی و اقتصادی پایین را مبتلا نموده و سپس به دیگر طبقات اجتماعی و اقتصادی پخش شده است. در خصوص مراحل چگونگی انتشار پدیده کووید-۱۹ در محلات خوی؛ مراحل یک تا سه (مقدماتی-انتشار و تراکم) با نظریه مذکور تطبیق داشته و مرحله اشیاء بدلیل ماهیت پدیده (کووید-۱۹) و ویژگی های گوناگون محلات تطبیق ندارد، رشد انتشار و سیاست های گوناگون کنترلی و سازمانی اشیاء را غیرممکن کرده است. نتایج نشان داد شکل موج مانند حرکت انتشار کووید-۱۹ در محلات بدون وجود موانع مغشوش کننده و غیره در بازه های زمانی مختلف حرکت موجی مدل هاگسترند را نقض کرده و شکل منحصر بفرد خود را دارد. اگرچه مانند نمودارهای شکل شماره ۴ ابتدا حرکت موجی با ارتفاع و وسعت محدود بوده ولی با گذشت زمان هم ارتفاع و هم وسعت در بازه های مختلف افزایش داشته و متناوب است. شایان ذکر می باشد اگر امواج رقیب را رعایت فاصله های اجتماعی، سیاست های اجتماعی و اقتصادی سازمانی در نظر بگیریم نتوانسته است جلوی ارتفاع و وسعت حرکت موج مانند را محدود سازد ولی بحث واکسینوناسیون متفاوت می باشد، مکانیزم پذیرش کووید-۱۹ در محلات شهر خوی با کلیات نظریه پخش فضایی هاگسترند تطبیق دارد و در ابتدا گروههای محدودی مبتلا و سپس به گروههای بزرگتر سرایت کرد؛ چنانچه سیاست های واکسینوناسیون قشرها و طبقات مختلف در سال ۱۴۰۰ انجام نمی شد مکانیزم همه گیری با موج مشخص، ارتفاع و وسعت زیادی انتشار می یافت. به طور کلی با توجه یافته های پژوهش مراحل و مکانیزم های پخش و انتشار زمانی و فضایی نظریه هاگسترند با مکانیزم پخش فضایی ویروس کووید-۱۹ در سطح محلات شهر خوی بدلائیل مختلف منجمله ماهیت مکانی و فضایی و برخی از دست آوردهای بشر در کنترل پدیده های نوظهور مانند این ویروس در برخی مراحل تطبیق و در برخی از مراحل تطبیق نداشته است.

منابع:

- ۱-بازرگان، مهدی، ۲-امیرفخریان، مصطفی. (۱۴۰۱). تحلیل جغرافیایی اپیدمیولوژی کووید-۱۹ در ایران با رویکرد تحلیل اکتشافی داده های مکانی. (ESDA) *طب نظامی*. 22(6), 542-552. doi: .
- 10:30491/jmm.22.6.542
- ۲-مهردانش، گونا، آزادی زاده، نامدار. (۱۳۹۹). موضوع: مفهوم تاب آوری شهری مدیریت و برنامه ریزی آینده شهرها (کرونا ۱۹)، *جغرافیا و روابط انسانی*. 3(1), 132-16. doi: 10.22034/gahr.2020.109955

3-Ahasan R, Alam MS, Chakraborty T, Hossain MM. Applications of GIS and geospatial analyses in COVID-19 research: A systematic review. *F1000Res*. 2022 Jan 28; 9:1379. doi: 10.12688/f1000research.27544.2. PMID: PMC8822139.

4-Samany, N.N., Liu, H., Aghataher, R. *et al*. Ten GIS-Based Solutions for Managing and Controlling COVID-19 Pandemic Outbreak. *SN COMPUT. SCI*. 3, 269 (2022).

<https://doi.org/10.1007/s42979-022-01150-95>-Casella M, Rajnik M, Aleem A, et al. Features, Evaluation, and Treatment of Coronavirus (COVID-19) [Updated 2023 Aug 18]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554776/>

6-Chen ZL, Zhang Q, Lu Y, Guo ZM, Zhang X, Zhang WJ, Guo C, Liao CH, Li QL, Han XH, Lu JH. Distribution of the COVID-19 epidemic and correlation with population emigration from Wuhan, China. *Chin Med J (Engl)*. 2020 May 5;133(9):1044-1050. doi: 10.1097/CM9.0000000000000782. PMID: 32118644; PMID: PMC7147281.

7-Ghosh P, Cartone A. A Spatio-temporal analysis of COVID-19 outbreak in Italy. *Regional Science Policy & Practice*. 2020 Dec;12(6):1047–62. doi: 10.1111/rsp3.12376. Epub 2020 Dec 9. PMID: PMC7753657.

8-Isazade, V., Qasimi, A.B., Dong, P. *et al*. Integration of Moran's I, geographically weighted regression (GWR), and ordinary least square (OLS) models in spatiotemporal modeling of COVID-19 outbreak in Qom and Mazandaran Provinces, Iran. *Model. Earth Syst. Environ.* 9, 3923–3937 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40808-023-01729-y>

9-Hu, N., Zhang, Z., Duffield, N. *et al*. Geographical and temporal weighted regression: examining spatial variations of COVID-19 mortality pattern using mobility and multi-source data. *Comput.Urban Sci*. 4, 6 (2024). <https://doi.org/10.1007/s43762-024-00117-1>

10-Hu, N., Zhang, Z., Duffield, N. *et al*. Geographical and temporal weighted regression: examining spatial variations of COVID-19 mortality pattern using mobility and multi-source data. *Comput.Urban Sci*. 4, 6 (2024). <https://doi.org/10.1007/s43762-024-00117-1>

11-Kopczewska, K. Spatial machine learning: new opportunities for regional science. *Ann Reg Sci* 68, 713–755 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00168-021-01101-x>

12-Kuhn, H. W., & Kuenne, R. E. (1962). An efficient algorithm for the numerical solution of the Generalized Weber Problem in spatial economics. *Journal of Regional Science*, 4(2):21-33.

13-[Esra Ozdenerol](#), 2023, *The Role of GIS in COVID-19 Management and Control*, ISBN 9781032129754 310 Pages 29 Color & 75 B/W Illustrations, Published May 4, 2023 by CRC Press

14-Mohammadihamidi s, Fürst C, Nazmfar H, Ghayebashi AR, Anwar MM. *The Spatial Diffusion of COVID -19 in the World: Revisiting Hägerstrand's Study of Diffusion in Geography*. Research Square; 2021. DOI: 10.21203/rs.3.rs-632320/v1.