کتاب جامع

بهداشت عمومی

فصل ۱۴ / گفتار ۶ / دکتر محسن رضائیان

کاربرد نظام‌های اطلاعات جغرافیایی و نظام موقعیت‌یاب جهانی در مطالعه بیماری‌های عفونی و بهداشت عمومی

فهرست مطالب

اهداف درس ۳۰۰۹
مقدمه ۳۰۰۹
نظام‌های اطلاعات جغرافیایی ۳۰۱۰
نظام موقعیت‌یاب جهانی ۳۰۱۰
مشخص کردن مناطق در معرض خطر ۳۰۱۱
الف ـ مشخص کردن مناطق در معرض خطر برای داده‌های نقطه‌ای ۳۰۱۱
ب ـ مشخص کردن مناطق در معرض خطر برای داده‌های منطقه‌ای ۳۰۱۴
نقشه‌های پی در پی ۳۰۱۵
نقشه‌های جان‌دار ۳۰۱۵
نتیجه گیری ۳۰۱۶
سپاسگزاری ۳۰۱۷
منابع ۳۰۱۷

کاربرد نظام‌های اطلاعات جغرافیایی و نظام موقعیت‌یاب جهانی در مطالعه بیماری‌های عفونی و بهداشت عمومی

دکتر محسن رضائیان

دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، دانشکده پزشکی، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی

اهداف درس

پس از یادگیری این مبحث، فراگیرنده قادر خواهد بود:

- **مکان را تعریف نموده تاثیر آن بر شاخص‌های بهداشتی را متذکر شود**
- **نظام‌های اطلاعات جغرافیایی را شرح دهد**
- **پایگاه داده‌ها را تعریف و انواع آن را بیان کند**
- **نظام موقعیت‌یاب جهانی را تعریف نموده به ذکر مثال‌های روشنی از آن بپردازد**
- **نقشه‌های جان‌دار را توضیح دهد**
- **کاربرد نظام‌های اطلاعات جغرافیایی همراه با نظام موقعیت‌یاب جهانی را توضیح دهد.**

مقدمه

مکان که می‌توان آن را مجموعه‌ای از محیط، روش زندگی و احتمالاً عوامل ژنتیکی دانست، تاثیر به‌سزایی در پراکندگی میزان‌های ابتلا، ناتوانی و میرایی در سطح جوامع مختلف ایفا می‌نماید. بیماری‌های عفونی ازجمله علل اصلی ابتلا و میرایی در جوامع مختلف و به ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشند. رخداد روزافزون بیماری‌های واگیر، اعم از قدیم و جدید، به گونه‌ای است که در سال ۲۰۰۰ میلادی، یک سوّم تمامی مرگ‌ها و۳۰ درصد از بار جهانی بیماری‌ها را تشکیل می‌داده است. بر این اساس، بیماری‌های عفونی، سالانه منجر به مرگ افزون بر چهارده میلیون نفر می‌شوند که اغلب این افراد در کشورهای در حال توسعه زندگی می کنند. از همین رو متخصصین مراقبت‌های بهداشتی به ویژه در کشورهای در حال توسعه، برای مقابله با این خیل عظیم بیماری و مرگ، نیازمند استفاده از فن‌آوری‌های جدیدی می باشند که به آن‌ها توانایی لازم جهت مطالعه

دقیق نقش مکان درچگونگی پیدایش و گسترش بیماری‌های عفونی را ارزانی نماید.

از میان مهمترین فن‌آوری‌های چند دهه اخیر می‌توان به نظام‌های اطلاعات جغرافیای Geographical Information Systems (GISs) و نظام موقعیت‌یاب جهانی(GPS) Global Positioning System اشاره نمود که به خوبی توانسته‌اند به عنوان ابزارهای موثر در اختیار متخصصین مراقبت‌های بهداشتی در جهت ترسیم نقشه، پایش، کنترل و پیشگیری از بیماری‌های عفونی درآیند. از همین رو، در گفتار حاضر ضمن ارائه تعریفی از این نظام‌ها به برخی از مهمترین توانایی هایی اشاره خواهد شد که آن‌ها می‌توانند در مطالعه بیماری‌های عفونی در اختیار پژوهشگران قرار دهند.

نظام‌های اطلاعات جغرافیایی

نظام‌های اطلاعات جغرافیایی، نظام‌های خودکار برای به دست آوردن، ذخیره، بازیابی، تجزیه و تحلیل و نمایش داده‌های جغرافیایی هستند ، که شالوده آن‌ها در دهه ۱۹۷۰ میلادی پایه ریزی شد. توسعه و بهبود این نظام‌ها در طول سی سال گذشته، توانایی‌ها و امکانات پیشرفته‌تری را برای مطالعه الگوهای جغرافیایی بیماری‌ها و آسیب‌ها فراهم آورده است. این نظام‌ها قادرند داده‌های جمع‌آوری شده با حجم بالا را ذخیره نموده و در صورت لزوم مورد پردازش و بازیابی قرار داده و نتایج به دست آمده را در قالب نقشه‌ها، جداول و نمودارهایی با کیفیت بسیار بالا ارائه نمایند.

پایگاه داده‌ها (Database) مهم‌ترین بخش نظام‌های اطلاعات جغرافیایی می‌باشد که مشتمل بر پایگاه داده‌های جغرافیایی یا همان نقشه منطقه مورد نظر و پایگاه داده‌های غیرجغرافیایی مانند اطلاعات جمعیتی، میزان‌های ابتلا و میرایی و یا سایر مشخصات و ویژگی‌های منطقه مورد نظر است که قرار است چگونگی توزیع آن‌ها را بر روی پایگاه داده‌های جغرافیایی به تصویر کشید. به هنگام بهره‌گیری از نظام‌های اطلاعات جغرافیایی، باید از صحّت و سقم هر دو پایگاه‌های داده‌ای و بویژه پایگاه داده‌های غیرجغرافیایی اطمینان لازم را کسب نمود، تا الگوهای جغرافیایی مشاهده شده واقعی باشند.

همچنین، می‌باید به این نکته مهم توجه داشت که زمانی می‌توان از مجموعه داده‌های بهداشت عمومی در نظام‌های اطلاعات جغرافیایی، استفاده نمود که پایگاه داده‌ها در مرحله اوّل مورد بازیابی قرار گرفته باشند. اگرچه بازیابی چنین داده‌هایی مستلزم انجام یک سری از عملیات پیچیده می‌باشد، اما در برخی از موارد، نظام موقعیت‌یاب جهانی به راحتی امکان بازیابی این داده‌ها و ورود مستقیم آنها را به نظام‌های اطلاعات جغرافیایی فراهم می آورد. این نکته به ویژه از آن جهت حائز اهمیت فراوانی گردیده است که از سال ۲۰۰۰ میلادی با افزایش در دقت و کاهش در قیمت گیرنده‌های نظام موقعیت‌یاب جهانی، امکان استفاده هرچه بیشتر از آنها در مطالعه‌های همه‌گیرشناسی، فراهم آمده است.

نظام موقعیت‌یاب جهانی

نظام موقعیت‌یاب جهانی را می‌توان مجموعه‌ای از نرم‌افزارها و سخت‌افزارهایی دانست که از طریق

دریافت امواج ماهواره‌ای، مشخصات دقیق نظیر طول و عرض جغرافیایی و حتی ارتفاع یک محل مشخص بر روی سطح کره زمین را تعیین می نمایند. این نظام که توسط وزارت دفاع آمریکا طراحی و در سال ۱۹۹۴ میلادی به بهره‌برداری کامل رسید، ابتدا قرار بود که برای مقاصد نظامی، مورد استفاده قرار گیرد. با این وجود، با فراهم آمدن امکان استفاده از نظام موقعیت‌یاب جهانی برای عموم مردم، امروزه علاوه بر مقاصد نظامی، استفاده‌های بسیار زیاد دیگر از این نظام به ویژه در مطالعات مربوط به سلامت انسان نیز به عمل می‌آید.

نظام موقعیت‌یاب جهانی دارای اجزاء به هم پیوسته‌ای مشتمل بر ماهواره‌ها، ایستگاه‌های کنترل زمینی و گیرنده‌ها می‌باشد. ماهواره‌های نظام موقعیت‌یاب جهانی، متشکل از ۲۴ ماهواره ارسال کننده امواج رادیویی می‌باشند که در شش مدار بیضی شکل و در ارتفاع تقریبی ۲۰۴۰۰ کیلومتری از سطح زمین با سرعت ۳/۸۷ کیلومتر در ثانیه در حال گردشند. ایستگاه‌های کنترل زمینی از پنج ایستگاه تشکیل گردیده است که مرکز آنها در کلرادو اسپرینگز آمریکا قرار دارد. این ایستگاه‌ها مسؤل بررسی وضعیت سلامت ماهواره‌ها و چگونگی عملکرد آنها را به عهده دارند. و بالاخره گیرنده‌های نظام موقعیت‌یاب جهانی که اکنون به یک وسیله باصرفه علمی، تبدیل شده‌اند ، مهمترین قسمت این نظام برای کاربران می‌باشند. گیرنده‌های ساده نظام موقعیت‌یاب جهانی که در حدود یک‌صد دلار آمریکا قیمت داشته و در اندازه یک تلفن همراه طراحی شده‌اند، می‌توانند با دامنه خطایی برابر با ۱۰ متر موقعیت یک محل مشخص برروی سطح کره زمین را تعیین نمایند.

یکی از مشخصات جالب توجه گیرنده‌های نظام موقعیت‌یاب جهانی امکان ذخیره اطلاعات اندازه‌گیری شده توسط آنها می‌باشد. چنین اطلاعاتی را می‌توان به طور مستقیم به نرم افزارهای نظام‌های اطلاعات جغرافیایی وارد نمود. با ورود اطلاعات به نظام‌های اطلاعات جغرافیایی می‌توان از کاربرد گوناگون این نظام‌ها بویژه در مطالعه بیماری‌های عفونی به شرح زیر استفاده نمود:

مشخص کردن مناطق در معرض خطر

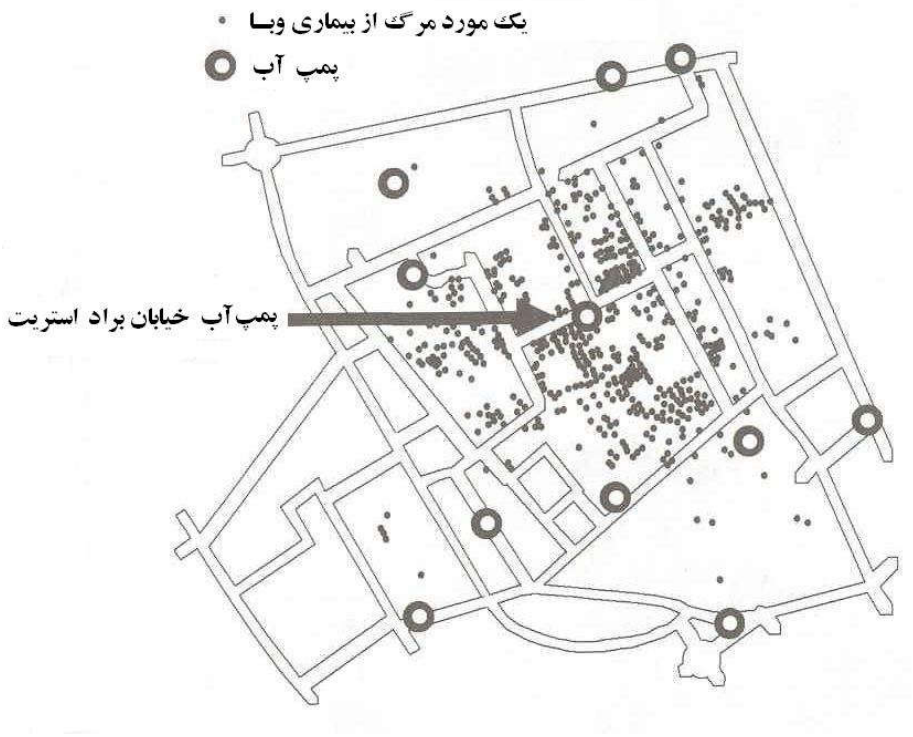
یکی از کاربردهای مشخص نظام‌های اطلاعات جغرافیایی در مطالعه بیماری‌های عفونی، تجزیه و تحلیل‌های مناطق در معرض خطر می‌باشد. با استفاده از نظام‌های اطلاعات جغرافیایی می‌توان مناطق در معرض خطری را مشخص نمود که در آن مناطق، میزان بروز و انتقال عفونت به طور غیرطبیعی بالا می‌باشد. برای انجام این منظور باید به این نکته مهم توجّه داشت که داده‌های مربوط به بروز بیماری‌های عفونی را می‌توان یا به صورت نقطه‌ای و یا به شکل منطقه‌ای جمع آوری نمود که برای هریک می‌توان با بهره‌گیری از نظام‌های اطلاعات جغرافیایی نسبت به مشخص نمودن مناطق در معرض خطر، به شرح زیر اقدام نمود:

الف ـ مشخص کردن مناطق در معرض خطر برای داده‌های نقطه‌ای

داده‌های نقطه‌ای مانند آدرس محل سکونت افراد، محل رخ دادن یک بیماری عفونی، محل رشد پشه‌های آنوفل و نظیر آنها داده‌هایی هستند که می‌توان آنها را به یک مکان مشخص مرتبط دانست. همان طور که گفته شد نظام موقعیت‌یاب جهانی به ویژه در پیدا کردن محلّ دقیق چنین داده‌هایی می‌تواند بسیار مثمر ثمر

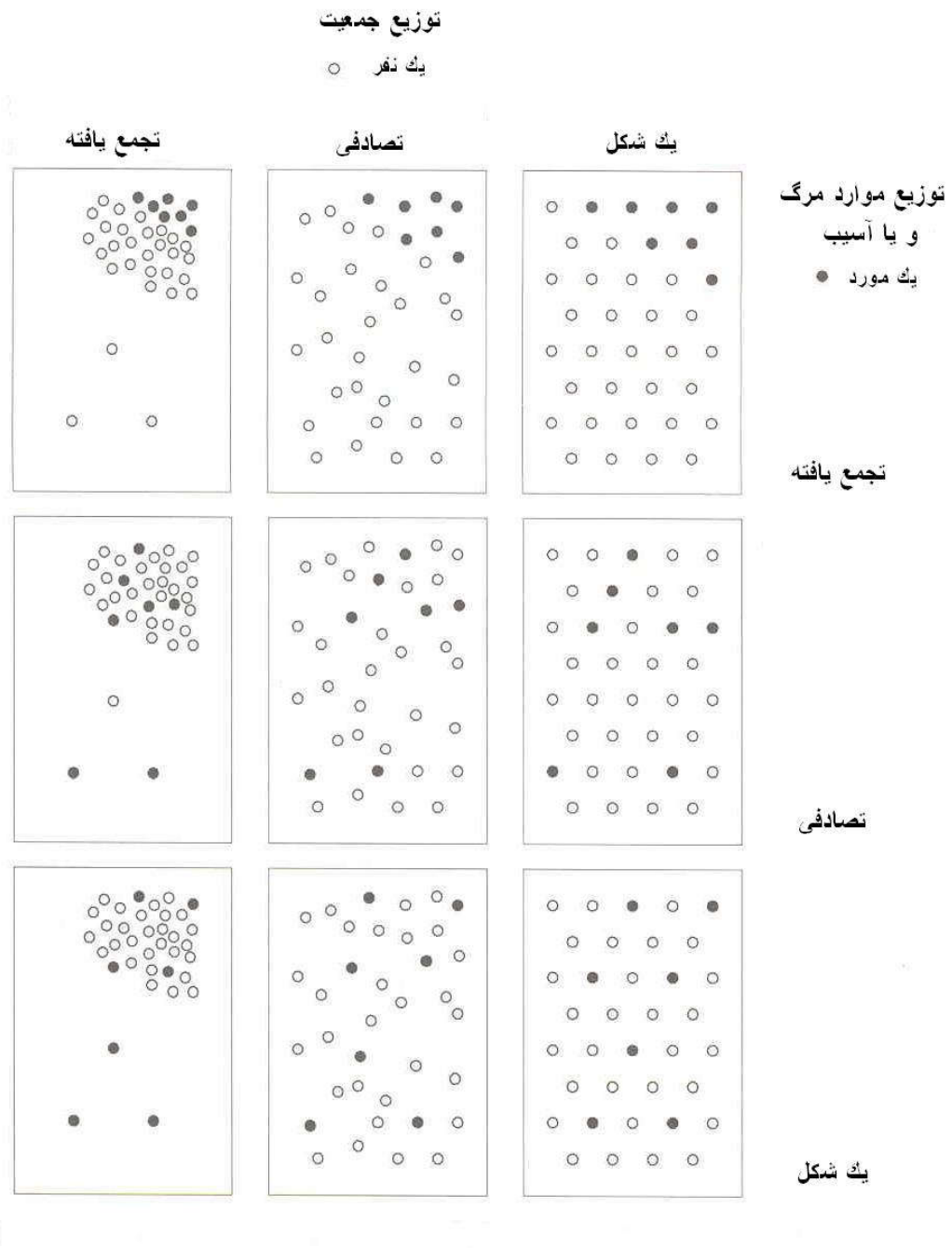
باشد. پس از تعیین این نقاط و ورود آنها به نظام‌های اطلاعات جغرافیایی، می‌توان برای مشخص کردن مناطق مرکزی در این قبیل داده‌ها از نقشه‌های نقطه‌ای (Point maps) استفاده نمود. این نقشه‌ها به ویژه برای پایش چگونگی انتشار بیماری‌های عفونی، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مشهورترین مورد استفاده از نقشه‌های نقطه‌ای، به مطالعه **اسنو (Snow)** در سال ۱۸۴۵ میلادی پیرامون انتقال بیماری وبا از طریق آب آشامیدنی محله‌هایی از شهر **لندن** برمی‌گردد (تصویر ۱). این مثال کلاسیک، که در اکثر کتب اپیدمیولوژی ذکری از آن به میان آمده است ، بیانگر میزان اهمیت کاربرد نقشه‌های نقطه‌ای در پیدا کردن مناطق در معرض خطر می‌باشد. چرا که اسنو توانست سال‌ها پیش از آنکه عامل بیماری‌زای وبا شناخته شود و تنها با توجه به یک منطقه در معرض خطر مرگ‌های ناشی از این بیماری در شهر لندن، فرضیه فوق را بنا نهد.



تصویر ۱ ـ بخشی از نقشه اسنو از توزیع بیماری وبا در لندن در سال ۱۸۵٤ میلادی

با این وجود در تفسیر این نقشه‌ها باید دقت لازم را به خرج داد. چرا که ممکن است همانند موارد ابتلا و یا میرایی، جمعیت در معرض خطر نیز به طور یکسان در سطح مناطق جغرافیایی توزیع نشده باشند. از همین رو، ممکن است موارد بیماری و یا مرگ که در نقطه‌ای تجمع حاصل نموده است، فقط به این خاطر باشد که جمعیت در معرض خطر بیشتری در آن محدوده زندگی می نمایند. در همین راستا، تصویر شماره ۲ چنین موقعیت‌های فرضی، همراه با سایر موقعیت‌های فرضی ناشی از چگونگی توزیع تعداد یکسانی از موارد یک بیماری عفونی در تعداد یکسانی از جمعیت در معرض خطر را نشان می‌دهد. بنابراین، در تفسیر نقشه‌های نقطه‌ای نه تنها چگونگی توزیع موارد بیماری، حائز اهمیت است، بلکه چگونگی توزیع جمعیت در معرض خطر نیز از اهمیت شایان توجهی برخوردار می‌باشد.



صو یرر ۲ ـ موقعیت‌های فرضی از چگونگی توزیع موارد یک بیماری عفونی در جمعیت در معرض خطر (تعداد موارد بیماری و تعداد جمعیت در معرض خطر در هر منطقه یکسان می‌باشد).

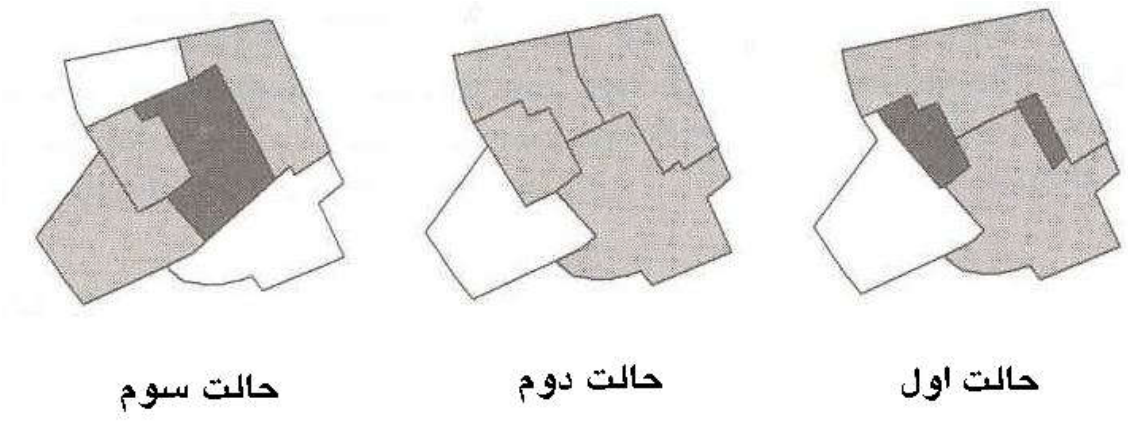
در کنار تهیه نقشه‌های نقطه ایی، نظام‌های اطلاعات جغرافیایی توانایی دیگری را تحت عنوان **تجزیه و تحلیل نقطه در چندضلعی (Point in polygon analysis)** در اختیار محققین قرار می‌دهند. با بهره‌گیری از این توانایی، پژوهشگر این امکان را می‌یابد که نه تنها از مشخصات اکولوژیکی منطقه‌ای که در آن یک مورد بیماری

عفونی دیده شده است، بلکه از مشخصات اکولوژیکی مناطق همسایه منطقه مورد نظر نیز اطلاعات لازم را به دست آورد. بدیهی است که با در اختیار داشتن چنین اطلاعاتی بهتر می‌توان در خصوص چگونگی بروز و انتشار آن بیماری اظهار نظر نمود.

ب ـ مشخص کردن مناطق در معرض خطر برای داده‌های منطقه‌ای

داده‌های منطقه‌ای، داده‌های نسبت داده شده به یک منطقه جغرافیایی مشخص نظیر محله ها، شهرها، استانها و یا حتی کشورها می‌باشند که معمولاً در قالب میزان‌ها و یا نسبت‌ها بیان می‌گردند. برای مشخص کردن مناطق در معرض خطر در این قبیل داده‌ها می‌توان از نقشه‌های کروفلت (Choropleth maps) استفاده نمود. در این نقشه‌ها با استفاده از رنگ‌های مختلف و یا الگوهای هاشوری گوناگون و با بهره‌گیری از اصول اساسی تهیه چنین نقشه‌هایی میتوان منطقه یا مناطق در معرض خطر را بر روی نقشه نمایش داد.

به هنگام تهیه این نقشه‌ها باید به این نکته مهم توجه داشت که نمایش نسبت‌ها و یا میزان‌ها به شدّت تحت تاثیر اندازه، تعداد و مشخصات محدوده‌های جغرافیایی منتخب، قرار خواهد گرفت. مثال بسیار جالب این نکته را می‌توان در نقشه‌های کروفلت تهیه شده بر پایه مطالعه اسنو مشاهده نمود. نقشه‌های ارائه شده در تصویر شماره ۳ نشان می‌دهد زمانی که داده‌های نقطه‌ای مطالعه اسنو را در محدوده‌های جغرافیایی مختلف تبدیل به میزان نموده و نقشه کروفلت آن را ترسیم نمائیم، نتایج بسیار متفاوتی را به دست خواهیم آورد. از سه نقشه تهیه شده، تنها نقشه حالت سوّم است که دقیقا به شناخت منطقه مرکزی کمک می‌نماید.



تصویر ۳ ـ نقشه‌های منطقه‌ای گوناگون تهیه شده بر پایه مطالعه اسنو از توزیع بیماری وبا در لندن در سال ۱۸۵٤ میلادی

شناخت دقیق مناطق در معرض خطر می‌تواند از نظر برنامه‌ریزی در جهت کنترل و پیشگیری از بیماری‌های عفونی حائز اهمیت شایانی باشد، چرا که معمولاً انتقال عفونت در این مناطق ریشه در الگوهای اجتماعی نظیر فقر، بیکاری، مسکن نامناسب، عدم دسترسی به مراقبت‌های بهداشتی و موضوعاتی از این دست دارد. بنابراین، نه تنها به وجود آمدن چنین مناطقی را بایستی نتیجه بی‌عدالتی‌های اجتماعی و سیاسی دانست،

بلکه مبارزه و کنترل بیماری‌های عفونی در این مناطق را نیز بایستی در قالب برنامه‌های کلّی‌تر به منظور رفع تبعیض و بی‌عدالتی برنامه ریزی نمود.

نقشه‌های پی در پی

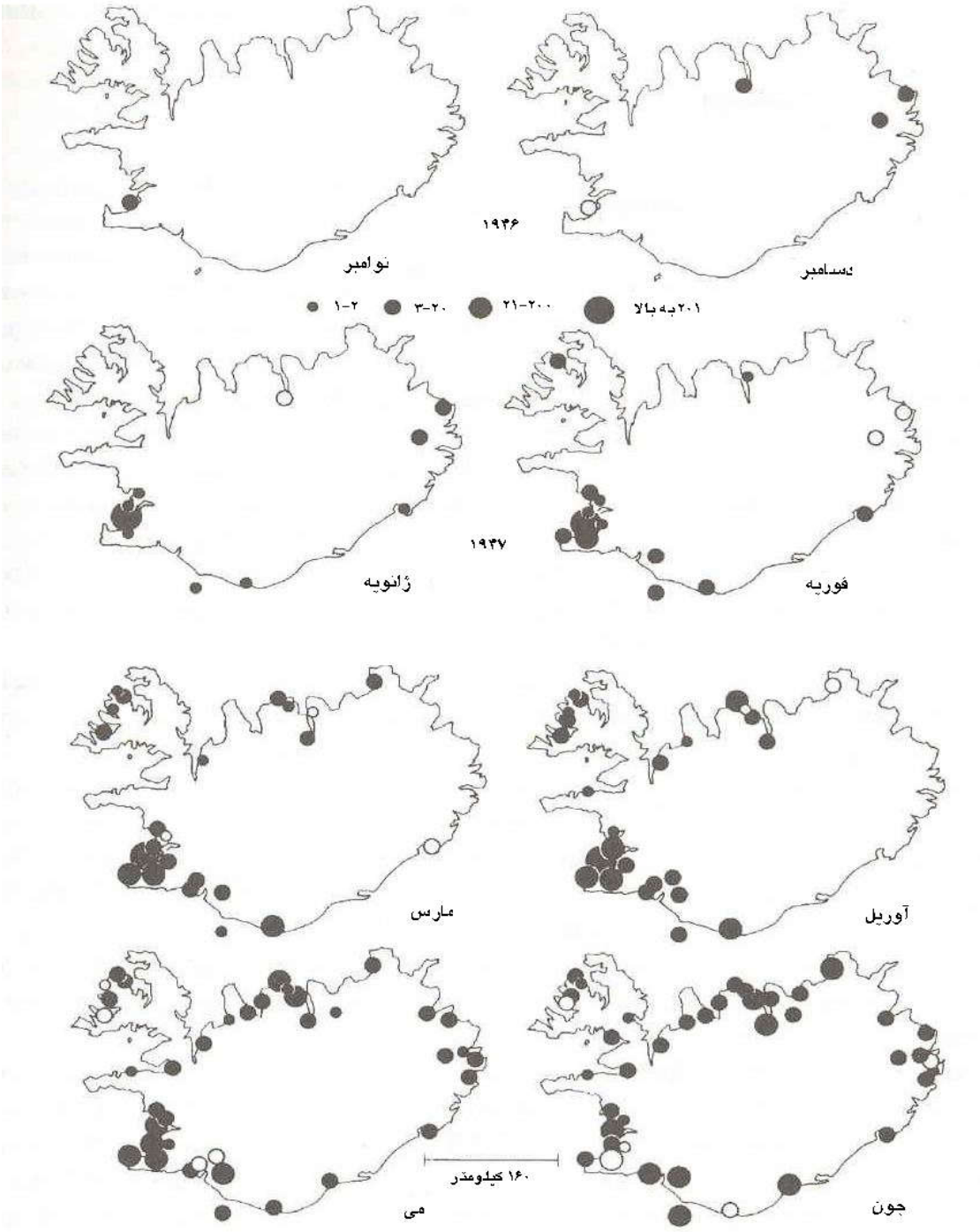
نقشه‌های پی در پی (Map sequences) که می‌توان آن‌ها را برای هرگونه اطلاعات جغرافیایی که با مرور زمان تغییر می‌کند رسم نمود، به طور گسترده‌ای برای مطالعه چگونگی انتقال بیماری‌های عفونی، مورد استفاده قرار گرفته است. نقشه‌های پی در پی مشتمل بر گروهی از نقشه‌ها می‌باشند که در کنار یکدیگر و در یک صفحه، نشان دهنده چگونگی توزیع جغرافیایی بیماری در زمان‌های مختلف می‌باشند. این نقشه‌ها می‌توانند نمایانگر محل رخداد هر مورد بیماری و یا مرگ بوده و یا میزان‌های هر منطقه و یا حتی اختلاف میزان‌های هر منطقه را در فواصل زمانی مختلف نشان دهند. اطلاعات جانبی نظیر مسیرهای رفت و آمد را نیز می‌توان به این نقشه‌ها اضافه نمود تا ارتباط الگوی توزیع بیماری با الگوی رفت و آمد و یا توزیع کالا را نیز مشخص نمود.

مثال بسیار جالب از یک نقشه پی در پی را می‌توان در مطالعه مربوط به توزیع ماهانه بیماری سرخک در ایسلند، از نوامبر سال ۱۹۴۶ تا جون ۱۹۴۷ میلادی، مشاهده کرد (تصویر ۴)، که در آن به خوبی چگونگی انتقال بیماری در طول جزیره به تصویر کشیده شده است. تهیه این نقشه نه تنها به محققین کمک نمود تا چگونگی انتقال بیماری در طول زمان را مورد بررسی قرار دهند، بلکه با مقایسه این نقشه با نقشه مربوط به سال‌های قبل، آن‌ها همچنین توانستند به اهمیت نقش افزایش حمل و نقل در انتقال بیماری پی ببرند.

نقشه‌های جان‌دار

نقشه‌های جان‌دار (Animated maps)، نقشه‌هایی هستند که به طور خودکار تغییرات به وجود آمده در طول زمان را به تصویر کشیده و با استفاده از آن‌ها می‌توان در خصوص گسترش و یا کاهش بیماری‌های عفونی در طول زمان و مکان اطلاعات بسیار جالبی را نمایش داد. با پیشرفت‌های اخیر به عمل آمده در زمینه سخت افزارها و نرم افزارهای گرافیکی، تهیه چنین نقشه‌هایی روز به روز امکان‌پذیرتر می‌گردد. در حال حاضر نقشه‌های جان‌دار اندکی در زمینه بیماری‌های عفونی تهیه شده است که علّت آن را می‌توان نیاز به رعایت مسائل بسیار مهم جهت تهیه این نقشه‌ها اشاره نمود که در تهیه نقشه‌های معمولی نیازی به رعایت آن‌ها وجود ندارد. برای نمونه، یکی از این مسائل بسیار مهم مربوط به مدت زمان مورد نیاز برای نشان دادن هر تصویر می‌باشد که محتاج برنامه‌ریزی دقیقی است.

یکی از بهترین مثال‌ها در زمینه کاربرد نقشه‌های جان‌دار در انتقال بیماری‌های عفونی، مربوط به چگونگی گسترش بیماری HIV/AIDS در ایالات متحده آمریکا می‌باشد که توسط مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری ها (CDC) تهیه شده است. در این نقشه که موارد سالانه بیماری ایدز توسط نقاط زرد رنگ بر روی زمینه مشکی به تصویر کشیده شده است، به زیبایی چگونگی گسترش روزافزون بیماری ایدز در طول زمان نشان داد شده است.



نصویر ٤ ـ نقشه پی در پی از توزیع ماهانه بیماری سرخک در ایسلند (از نوامبر سال ۱۹٤٦ تا جون ۱۹٤۷ میلادی)

نتیجه گیری

نظام‌های اطلاعات جغرافیایی همراه با نظام موقعیت‌یاب جهانی قادرند تا توانایی‌های متعددی نظیر:

مشخص کردن مناطق در معرض خطر، تجزیه و تحلیل نقطه در چند ضلعی، نقشه‌های پی در پی و نقشه‌های جان‌دار را در جهت شناخت تغییرات جغرافیایی بیماری‌هـای عفونی در اختیار متخصصین امور بهداشتی قرار دهنـد. با استفاده از این توانایی‌ها، متخصصین علوم بهداشتی به درک بهتری از رابطه مکان با این قبیل بیماری‌ها رسیده و در نتیجه خواهند توانست در شناخت، پایش، پیشگیری و کنترل بیماری‌های عفونی تصمیمات علمی‌تری را اتخاذ نمایند. این نکته به نوبه خود به برنامه‌ریزی دقیق‌تر خدمات بهداشتی به ویژه از نظر تخصیص منابع، منجر گردیده که در نهایت باعث ارتقا، سطح سلامت افراد و جوامع می‌شود. اکنون که پهنه تحقیقات بین‌المللی شاهد رشد روزافزون مطالعاتی است که در آن‌ها با بهره‌گیری از فن‌آوری‌های اخیر، نقش مهم مکان در سلامت انسان مورد بررسی دقیق علمی قرار گرفته است ، شایسته می‌باشد که پژوهشگران ایرانی نیز از این پیشرفت‌ها غافل نبوده و در مطالعه بیماری‌های عفونی از آن‌ها بهره‌های شایانی ببرند.

سپاسگزاری

از همسرم سرکار خانم فاطمه یاحقی و دخترانم مریم و مهسا که مشوق من در نگارش این گفتار بوده‌اند، صمیمانه قدردانی می نمایم.

منابع

۱ ـ رضائیان محسن. اپیدمیولوژی جغرافیایی. اراک: انتشارات نویسنده. ۱۳۸۸.

2. Sen K, Bonita R. Global health status: two steps forward, one step back. *Lancet* 2000; 356: 577-582.

3. Heymann DL. Control of communicable disease manual. Washington DC: American Public Health Association, 2004.

4. Rytkönen MJP. Not all maps are equal: GIS and spatial analysis in epidemiology. *Int J Circumpolar Health* 2004; 63: 9-24.

۵ ـ رضائیان محسن. کاربرد نظام های اطلاعات جغرافیایی و نظام موقعیت یاب جهانی در بهداشت عمومی و اپیدمیولوژی. اراک: انتشارات نویسنده. ۱۳۸۸.

6. Clarke KC, McLafferty SL, Tempalski BJ, On epidemiology and geographical information systems: a review and discussion of future directions. *Emerg Infect Dis* 1996; 2 : 85-92.

7. Longley PA, Goodchild MF, Maguire DJ, Rhind DW. *Geographical Information System and Sciences*. Chichester: John Wiley and sons, 2005.

8. Rezaeian, M. In the review of the book: An introductory guide to disease mapping. *Stat Methods Med Res* 2001; 10: 445-446.

9. Aronoff S. *Geographic Information Systems: A management prospective 1989*. Ottawa, Canada: WDL Publications.

10. Rezaeian, M. The application of the place-related sciences and technologies to investigate the health problems within the Eastern Mediterranean Region. East Mediterr Health J 2009; 15 :1564-1569.

11. Loslier L. Geographical information systems (GIS) from a health perspective. *In: GIS for health and the environment (Edited by:De Savigny D, Wijeyaratne P) Ottawa: IDRC* 1994, 13-20.

12. Waller LA. Geographic Information Systems and Environmental health. *Health Environ Digest.* 1996; 10: 85-88.

13. Wakefield JC, Best NG, Waller L. Bayesian approach to disease mapping. In Elliott P, Wakefield JC, Best NG, Briggs DJ. *Spatial epidemiology, methods and application,* pp 104-127. Oxford: Oxford University Press, 2000.

14. Lawson AB, Williams FLR. *An introductory guide to disease mapping*. Chichester: John Wiley, 2001.

15. MacMahon B, Trichopoulos D. *Epidemiology principles and methods*. USA: Little Brown and Company, 1996.

16. Bailey TC, Gatrell AC. *Interactive spatial data analysis.* Harlow: Longman, 1995. London: p 52.

17. Tanser FC. Le Sueur D. The application of Geographical Information Systems to important public health problems in Africa. *Int J Health Geogr* 2002; 1: 4.

18. McDonnell R, Kemp K. *International GIS dictionary*. John Wiley and sons. 1995. New York: p 43.

19. Cromley EK, McLafferty SL. *GIS and public health*. New York: The Guilford Press, 2002. p 85.

20. Kennedy M. *Global positioning system and GIS*. Taylor and Francis, London: 2002. pp 1-10.

21. Waller LA, Gotway CA. *Spatial statistics for public health data*. John Wiley and sons, New Jersey: 2004. p 60.

22. Snow J. *On the mode of communication of cholera.* London: Churchil Livingstone, 1854.

23. Mausner JS, Kramer S. *Epidemiology. An introductory text.* USA: W.B. Saunders Company, 1985.

24. Timmreck TC. *An introduction to Epidemiology.* USA: Jones & Bartlett Publishers, 2002.

25. Gerstman BB. *Epidemiology kept simple. An introduction to classic and modern epidemiology*. USA: Willey-Liss, 2003.

26. Gordis L. *Epidemiology*. USA: W.B. Saunders Company, 2004.

27. Tufte ER. *Visual explanations: Images and quantities, evidence and narratives*. Cheshire: Graphic Press, 1997.

28. Rezaeian, M. How to visualize public health data? Part one: Box plot and map. Middle East J Family Med 2008; 10 :20-24.

29. Bithell JF. Geographical analysis. In Armitage P, Colton T. *International encyclopaedia of biostatistics*, pp 1701-1716, Chichester: John Wiley, 1998.

30. Rezaeian, M. Dunn, G. St. Leger, S. Appleby L. Geographical epidemiology, spatial analysis and

geographical information systems: a multidisciplinary glossary. J Epidemiol Community Health 2007; 61 : 98-102.

31. Rezaeian, M. Dunn, G. St. Leger, S. Appleby L. The production and interpretation of disease maps: A methodological case-study. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol.* 2004; 39: 947-954.

32. Monmonier M. *How to lie with maps*. Chicago: The university of Chicago Press, 1996.

33. Cliff, A., Haggett P. *Atlas of disease distributions: analytic approaches to epidemiological data*. Oxford; UK: Blackwell Reference 1988.

34. Centers for Disease Control and Prevention. *AIDS cases dot map summary*. Available: http://www.cdc.gov/nchstp/hiv_aids/graphics/dotmap.htm. [2000].

35. Gatrell A, Loytonen M. *GIS and health*, pp 191-203. London: Taylor & Francis, 1998.

36. Gatrell A, Senior M. Health and health care applications. *In: Longley PA, Maguire DJ,* Goodchild MF, Rhind DW (Eds.), Geographical Information Systems: Principles and Applications, 2nd Edition 1999. Longman, London.

37. Goodchild MF. Geographical information science. *Int J Geogr Inf Sys* 1992; 6(1).

38. Macintyre S, Ellaway A, Cummins S. Place effects on health: how can we conceptualise, operationalise and measure them? *Soc Sci Med* 2002; 55 : 125-139.

39. Smith CM, Le Comber SC, Fry H, Bull M, Leach S, Hayward AC. Spatial methods for infectious disease outbreak investigations: systematic literature review. *Euro Surveill*. 2015;20(39).

40. Nihei N. Analysis of Distribution of Vector-Borne Diseases Using Geographic Information Systems. Nihon Eiseigaku Zasshi. 2017;72(2):123-127.