

## بررسی کاربردهای علوم و فن آوری های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در نظام سلامت (قسمت اول: مروری بر منابع خارجی)

علی درویشی بلورانی<sup>۱\*</sup>، آرش رشیدیان<sup>۲</sup>، جمال جوکارارسنجانی<sup>۳</sup>، مهران شایگان<sup>۴</sup>

۱- گروه کارتوگرافی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران و مرکز سنجش از دور و GIS دانشگاه تهران (UT-RGC) ۲- گروه علوم مدیریت و اقتصاد بهداشت، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات بهره برداری از دانش سلامت، دانشگاه علوم پزشکی تهران و مؤسسه ملی تحقیقات سلامت جمهوری اسلامی ایران ۳- گروه ژئوفورماتیک دانشگاه هایدلبرگ آلمان ۴- گروه GIS دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

\* نویسنده مسؤل: تهران، خ وصال، کوچه آذین، گروه کارتوگرافی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، و مرکز سنجش از دور و GIS دانشگاه تهران (UT-RGC)، کدپستی: ۱۴۱۷۸۵۳۹۳۳، صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۴۴۶۵، شماره: ۶۶۹۶۰۶۹۷، تلفن: ۰۲۱-۶۱۱۳۵۲۰-۰۲۱، پست الکترونیک: ali.darvishi@gmail.com و ali.darvishi@ut.ac.ir

دریافت: ۹۰/۱۰/۲۱ پذیرش: ۹۱/۴/۱

### چکیده

این مقاله مروری بر کاربردهای تکنیک های تحلیل مکانی ناشی از علوم ژئوفورماتیک (سنجش از دور و GIS) برای آنالیز داده ها، متغیرها و پارامترهای مرتبط با سلامت انسان و محیط می باشد. با توجه به حوزه وسیع مطالعاتی با کاربردهای فراوان، این مطالعه دربرگیرنده مباحث مرتبط با مطالعات سنجش از دور و GIS در نظام سلامت و پزشکی، جغرافیای پزشکی و سلامت محیط در منابع خارجی می باشد. ابزارهای به کار رفته برای انجام مطالعات و بررسی های فوق بسیار متنوع بوده که می توان از سیستم های اطلاعات جغرافیایی به عنوان هسته مرکزی انجام تحلیل های مکانی و مجموعه تکنیک های متفاوت برای انجام محاسبات آماری مکانی، پردازش های کامپیوتری و بهره گیری از تصاویر سنجش از دور نام برد. امروزه کارایی و سهولت بکارگیری تحلیل های مکانی در GIS و سنجش از دور فرآیندی رو به رشد و گسترش می باشد. درحال حاضر گروه های زیادی در زمینه های مرتبط با تکنولوژی تحلیل های مکانی اطلاعات زمین مشغول به فعالیت می باشند که فعالیت های مرتبط با سلامت نیز قابل توجه است. پژوهشگران قابلیت و توانایی روزافزون ابزارهای تحلیل مکانی و نیز افزایش دسترسی به منابع داده ای را فرصتی مناسب جهت یافتن راه حل های مناسب برای بسیاری از مسایل و مشکلات مرتبط با نظام سلامت خواهند یافت. ابزارها و دانش های لازم برای انجام کارهای مرتبط در دسترس بوده و همچنین مهارت های جدید قابل ایجاد می باشند. بر این اساس، انتخاب شیوه و روشی که متخصصان برای انجام فرآیندهای کاربردی فن آوری های اطلاعات زمین در موضوعات سلامت به کار خواهند گرفت و نیز نوع تکنولوژی به کار گرفته شده بستگی به دیدگاه و شناخت متخصصان و کاربران از علوم و فن آوری های فوق خواهد داشت.

کل واژگان: نظام سلامت، علوم ژئوفورماتیک، سنجش از دور، GIS، تحلیل مکانی

### مقدمه

پزشکی نیز داده های مورد نیاز برای انجام تحلیل های مکانی<sup>۱</sup> مورد نظر خود را به وسیله روش های میدانی و زمینی جمع آوری می کردند (به عنوان نمونه اطلاعات مربوط به محل های زندگی حشرات ناقل مالاریا) و نقشه های مورد نیاز خود را با تأکید بر تکنیک های دستی تهیه می کردند؛ به عنوان نمونه می توان از

سیستم ها و علوم اطلاعات جغرافیایی کاربردی در حوزه های سلامت و پزشکی یکی از زیر شاخه ای بسیار فعال علوم جغرافیایی می باشند که معمولاً تأکیدی بر جنبه های مکانی و اکولوژیکی بیماری ها و چگونگی خدمات رسانی سلامت در بعد مکان دارد. پیش از ظهور علوم و فنون نوین ژئوفورماتیک، مانند سایر زیرشاخه های علوم جغرافیایی، متخصصان جغرافیایی

<sup>1</sup> Spatial analysis

تعیین نواحی مناسب توزیع امکانات درمانی یا پیشگیری، مکان‌یابی استقرار خدمات اولیه و یا نواحی تحت پوشش خدماتی بیمارستان‌ها نام برد. با ظهور علوم و فن آوری‌های سنجش از دور<sup>۲</sup>، GIS<sup>۳</sup>، GPS<sup>۴</sup> و کامپیوترهای با قدرت پردازش بالای اطلاعات و نیز برنامه‌های نرم‌افزاری بسیار کارآمد و پیشرفته جهت انجام تحلیل‌های مکانی، این علوم به طور چشم‌گیری متحول گردیدند. به عنوان نمونه، در حال حاضر امکان انجام حجم بالایی از اندازه‌گیری‌های سطح زمین از فواصل دور فراهم شده است که بدین وسیله امکان تهیه نقشه‌های متنوع موضوعی در ارتباط با بیماری‌ها و پدیده‌های مرتبط با سلامت در زمانی کوتاه فراهم گردیده است. به هر حال قابلیت‌ها و فرصت‌های فراوان به وجود آمده می‌بایست به صورت هدفمند و سیستماتیک، سازمان‌دهی شود و در مجامع علمی مورد بحث و بررسی قرار گیرد تا کاربران حوزه‌های سلامت و پزشکی قادر به کسب علوم و آگاهی‌های لازم در مورد کمیت و کیفیت منابع داده‌ای موجود و چگونگی بهره‌گیری از آن‌ها باشند. این مقاله که قسمت اول از یک مقاله مروری است، به بررسی سیر تحول کاربردهای سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در نظام سلامت پرداخته است. مطالب به گونه‌ای بررسی و تنظیم گردیده‌اند که علوم، فن آوری‌ها و روش‌ها تبیین گردد. بر این اساس جمع‌آوری منابع، بررسی مفهومی، و تلفیق بهینه موضوعات تحقیقی و اجرایی در خصوص کاربردهای مرتبط با سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در نظام سلامت بر پایه بهره‌گیری از تحلیل‌های مکانی این علوم و تکنولوژی‌ها از اهداف اصلی این مقاله می‌باشند. هدف اصلی دیگر این مقاله، ارائه راهنمایی قابل اتکا جهت تسهیل در بکارگیری فن آوری‌های نوین داده‌آوری و داده‌پردازی و نیز انگیزش محققان و متخصصان علوم اطلاعات زمین، علوم سلامت و پزشکی می‌باشد.

ابتدا تعاریف مربوط به روش‌های تحلیل‌های مکانی در علوم سلامت معرفی شده‌اند. تعاریف ارائه شده، فراهم کننده پارامترهایی هستند که تعیین کننده نوع مقالات و کارهای مورد بررسی در این مقاله می‌باشند. در اینجا، بیان نتایج به دست آمده از منابع تحقیقاتی خارجی مطرح گردیده که با استفاده از مدل‌های پایه‌ای به توسعه و گسترش تکنیک‌های تحلیل‌های مکانی در علوم و تکنولوژی‌های مورد نیاز سلامت و پزشکی

انجامیده است. ساختاردهی این مقاله براساس کتاب آلبرت<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۰) است (۱). بر اساس الگوی این کتاب، منابعی مطرح و تشریح گردیده‌اند که در چارچوب مراحل رشد و توسعه تکنیک‌های تحلیل‌های مکانی ناشی از علوم و فن آوری‌های اطلاعات زمین<sup>۶</sup> در موضوعات سلامت و پزشکی قرار گرفته باشند؛ GIS و RS به طور اجمالی و کلی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین بخش اصلی مقاله شامل کاربردهای تحلیل‌های مکانی در حوزه‌های بیماری و سلامت به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در پایان، بخش "نتیجه‌گیری و نگاهی به آینده"، شامل مباحثی کلیدی برای بهره‌گیری بهتر از منابع داده‌ای و تحلیل‌های مکانی در حوزه‌های بیماری و سلامت می‌باشد.

### تعاریف

نبود تعریف واحد و عام برای بعضی علوم و فن آوری‌ها یکی از مشکلات اساسی علم و فن آوری اطلاعات زمین است. بر این اساس، ممکن است سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، بیشتر به عنوان اجزایی همگرا به نظر آیند تا به عنوان علوم و فن آوری‌هایی متمایز از یکدیگر. به هر حال، تعاریف در این مقاله در قالب تعاریفی جداگانه مطرح گردیده‌اند. علوم ژئوانفورماتیک<sup>۷</sup>: به مجموعه‌ای از علوم، فن آوری‌ها، داده‌ها، و تکنیک‌ها گفته می‌شود که جهت اخذ داده و تبدیل آن به اطلاعات و دانش در مورد عوارض زمین برای کاربردی خاص و یا عام می‌باشد. مهم‌ترین زیر شاخه‌های آن شامل سنجش از دور، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، سیستم‌های تعیین موقعیت جهانی و کارتوگرافی می‌باشد.

**سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS):** پایگاه‌های اطلاعات کامپیوتری که به ذخیره، تغییر، تبدیل، آنالیز و نمایش داده‌های جغرافیایی می‌پردازد (۲).

**سنجش از دور:** شامل فرآیند اخذ تصاویر به وسیله سنجنده‌ها بدون ارتباط مستقیم فیزیکی بین عارضه ثبت شده و وسیله اخذ داده و نیز مجموعه تکنیک‌ها برای پردازش و تفسیر تصاویر اخذ شده جهت تهیه نقشه‌های عمومی، نقشه‌های موضوعی، امور پایش منابع و سایر کاربردهای مربوط به خصوصیات عوارض سنجش شده می‌باشد (۳).

**کارتوگرافی:** علم و هنر تهیه نقشه‌های عام و خاص مربوط به عوارض و پدیده‌های مرتبط با زمین (۴).

<sup>5</sup> Albert

<sup>6</sup> Geoinformation technologies

<sup>7</sup> Geoinformatic sciences

<sup>2</sup> Remote Sensing (RS)

<sup>3</sup> Geographical Information System (GIS)

<sup>4</sup> Global Positioning System (GPS)

در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ در علوم اطلاعات زمین ظهور پیدا کرد. تعیین الگوهای مکانی و یا ایجاد ارتباط بین سلامت و بیماری با محیط پیرامون با استفاده از RS/GIS توأم با جاذبه‌های بسیار تحلیل‌های کمی در ۱۹۸۰ پدیدار گشت. می‌توان گفت نمونه‌های عینی کاربردهای جغرافیای پزشکی به سال‌های دهه ۱۹۹۰ برمی‌گردد. در اغلب موارد، توسعه مدل‌های استاندارد جغرافیایی باعث ایجاد ابزارهایی برای پیگیری و عملی کردن مفاهیم تحقیقی و توسعه‌ای در پزشکی گردید. فرآیند زیر توصیف کننده فرآیند توسعه علوم ژئوپزشکی در قالب نوآوری‌های انجام گرفته در طی یک دوره زمانی (۱۹۸۰ تا حالا) می‌باشد. در طی سال‌های دهه ۱۹۹۰، مقالات انتشار یافته بسیار کم بود. از ۱۹۹۴-۱۹۹۱ تعداد مقالات به طور نسبتاً ثابتی به حدود ۱۲ مقاله در سال می‌رسید. در سال‌های ۱۹۹۷-۱۹۹۵ تعداد مقالات افزایش نسبتاً خوبی داشت. از نقطه نظر توسعه‌ای، نتایج تحقیقات انجام شده عملاً در سال‌های آخر ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ نمود عینی پیدا کرد. سال‌های ۱۹۹۷-۱۹۹۱ را می‌توان دوره گسترش اولیه علوم فوق دانست. نهایتاً، زمانی حدود یک دهه یا بیشتر به طول انجامید که مرحله بلوغ فرآیند توسعه و پیشرفت تکمیل گردید. بنابراین، در طی دهه گذشته است که RS و GIS تبدیل به علوم و فن‌آوری‌های استاندارد در مطالعات و تحقیقات مرتبط با مسایل و موضوعات سلامت و بیماری گردیده‌اند.

**سنجش از دور پزشکی و سلامت:** سنجش از دور، فرآیند جمع‌آوری داده درباره عوارض یا چشم‌اندازهای زمینی، بدون ارتباط فیزیکی مستقیم بین وسیله سنجش و پدیده مورد سنجش می‌باشد. این مقاله با بررسی کاربرد داده‌های سنجش از دور و تکنیک‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای به دنبال ایجاد چارچوبی است که خواننده را در استفاده از منابع داده‌ای و نیز از تجربیات گذشتگان در زمینه‌های کاربردی سنجش از دور در علوم پزشکی و سلامت یاری کند. بر این اساس تنها به بیان کلیات سنجش از دور پرداخته شده و جهت الگوبرداری و چگونگی تلفیق تکنیک‌ها و همچنین آموزش و ایده‌پردازی برای چگونگی بکارگیری داده‌ها در موارد مشابه نیاز به مراجعه به منابع دیگر است.

به طور کلی مطالعات و تحقیقات مرسوم کنونی سنجش از دور در علوم پزشکی و سلامت، اغلب یا بر اساس فرآیندهای بیماری-محور<sup>۱۱</sup> و یا کاربرد-محور<sup>۱۲</sup> می‌باشند. بر عکس روش

سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS): سیستمی مرکب از ۲۴ ماهواره در مدارهای در گردش ثابت در دور زمین که امکان تهیه مختصات سه بعدی عوارض و بسیاری کارهای موقعیت‌یابی دیگر در سطح زمین را فراهم می‌آورند (۵).

**تحلیل مکانی (SA):** مجموعه‌ای از تکنیک‌ها برای تحلیل داده‌های مکانی و بکارگیری اطلاعات مکانی در جهت حل مشکلات مختلف در محیط شهری، منطقه‌ای، محیط زیست، بهداشت، صنایع و غیره. نرم‌افزارهایی که تحلیل مکانی را انجام می‌دهند نیازمند دسترسی به اطلاعات موقعیت و داده‌های توصیفی عرضه مورد نظر می‌باشند. نتایج حاصل از تحلیل‌های مکانی وابسته به موقعیت عوارض مورد تحلیل می‌باشند (۶).

در سال‌های اخیر استفاده از علوم و فن‌آوری‌های اطلاعات زمین<sup>۸</sup> مخصوصاً GIS، در بسیاری از بخش‌های دولتی، خصوصی و عمومی رشد و گسترش فراوانی یافته است؛ مثلاً دولت الکترونیک، برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و شهری، مدیریت منابع طبیعی، مکان‌یابی بانک‌ها، حمل و نقل، امور حکومتی، کشاورزی و بازرگانی. اهمیت این موضوع به مقدار قابل ملاحظه‌ای برای رشته‌های مرتبط با و یا متمرکز بر مسایل سلامت و بیماری آشکار است. به عنوان نمونه می‌توان به بعضی از حوزه‌های مطالعاتی و کاری اشاره کرد که به بهره‌گیری از سنجش از دور و GIS پرداخته‌اند: آمار زیستی، اپیدمیولوژی، بهداشت محیط، تحقیقات خدمات سلامت (HSR)<sup>۹</sup>، حشره‌شناسی پزشکی، جغرافیای پزشکی، اقتصاد بهداشت و بهداشت عمومی. مانند تعاریف ارائه شده برای علوم و فن‌آوری‌های ژئوماتیک، ارائه تعریفی واحد برای علوم نظام سلامت نیز توأم با مشکلاتی است. به هر حال جهت انجام یک بررسی نسبتاً کامل از ادبیات موضوعات نظام سلامت، استفاده از تعاریف مرسوم در این زمینه کفایت می‌کند و ضرورتی به معرفی مجدد این تعاریف نیست. هر کدام از این رشته‌ها ارائه‌دهنده مجموعه‌های متمایزی از دانش‌ها، روش‌ها، و راهکارها می‌باشند که به میزان زیادی هم‌پوشانی بین آن‌ها وجود دارد. در کل، برهم‌کنش بین رشته‌های اصلی علوم و فن‌آوری‌های ژئوماتیک و رشته‌های خاص مرتبط با سلامت و پزشکی به وجودآورنده فرصت‌ها و مباحثی گسترده و جدید بوده که بحث و بررسی پیرامون آن‌ها هسته اصلی مقاله مروری حاضر می‌باشد.

**توسعه و گسترش علوم و فن‌آوری‌های سنجش از دور و GIS در علوم سلامت:** تحلیل مکانی در دوران انقلاب کمی<sup>۱۰</sup>،

<sup>11</sup> Disease-specific

<sup>12</sup> Application-specific

<sup>8</sup> Geoinformation sciences and technologies

<sup>9</sup> Health Services Research

<sup>10</sup> Quantitative revolution

ماهواره‌ای در تهیه نقشه به منظور بهبود فرآیندهای کنترلی بیمارهای محلی مثل مالاریا در مقیاس‌های متفاوت ارایه شده‌اند. مثلاً کرایگ<sup>۱۴</sup> و همکاران (۱۹۹۹)، راجرز<sup>۱۵</sup> (۲۰۰۲) و همکاران، موفت<sup>۱۶</sup> و همکاران (۲۰۰۷) و توماس<sup>۱۷</sup> و لیندسی<sup>۱۸</sup> اقدام به تهیه نقشه در مقیاس قاره‌ای برای آفریقا نموده‌اند (۹-۱۲). جهت بکارگیری پتانسیل بالای داده‌های ماهواره‌ای، مطالعات متعدد دیگری به منظور تهیه نقشه‌های مربوط به توزیعات زمانی و مکانی عوامل بیماری در مقیاس‌های منطقه‌ای و محلی برای آفریقا، آمریکای مرکزی، و آسیا انجام شده‌اند (۲۰-۱۳). در این زمینه، کلین<sup>۱۹</sup> (۱۹۷۰) و های<sup>۲۰</sup> و همکاران (۱۹۹۷) تحلیل ارتباط بین محیط و پتانسیل توزیع مکانی عوامل بیماری برای مدل کردن میزان ریسک ظهور بیماری را توصیه کرده‌اند (۲۱ و ۲۲). منابع شماره یک، دو، سه، و ۲۳ نیز منابع جامعی برای کسب اطلاعات بیشتر می‌باشند.

**GIS پزشکی و سلامت:** در کاربردهای علوم اطلاعات زمین در حوزه‌های مطالعاتی و کاربردی سلامت و بیماری، علوم و تکنیک‌های GIS نقش محوری و کلیدی بازی می‌کنند. توابع کاربردی GIS را می‌توان در چهار گروه زیر دسته‌بندی کرد (۲):

- ۱- نگهداری و آنالیز داده‌های مکانی؛
- ۲- نگهداری و آنالیز داده‌های توصیفی؛
- ۳- تحلیل ترکیبی داده‌های مکانی و توصیفی؛
- ۴- توابع خروجی کارتوگرافیکی که فراهم آورنده ساختارهای لازم جهت بررسی و برآورد گستره‌ای است که در آن محققان از تمامی پتانسیل‌های GIS در ارایه خدمات سلامت بهره برده‌اند.

در سه دهه گذشته، تعداد بسیاری از محققان و کارشناسان مبادرت به توسعه و عملیاتی نمودن کاربردهای GIS در مباحث بیماری و سلامت نموده‌اند. به عنوان نمونه می‌توان ارایه خدمات اورژانس، پیشگیری از ایدز، تعیین مناطق نفوذ و حوزه‌های ارایه خدمات بیمارستانی، سطح‌بندی خدمات بیمارستانی، انتشار آلوده‌کننده‌های هوا، تعیین مناطق در معرض پرتوافکنی سرب، پایش بیماری سرخک یا فلج اطفال، مدل‌سازی نحوه انتشار مکانی بیماری، تعیین خطرات تصادفی و طبقه‌بندی و تفکیک سرطان‌ها را نام برد.

اول که بیشتر، شناسایی و مدل کردن مکانیزم حاکم بر بیماری ملاک عمل می‌باشد؛ در روش دوم، هدف اصلی مبتنی بر ارتقای درک کلی از ماهیت داده‌ها و تکنیک‌های مرتبط قابل اجرا برای بررسی بسیاری از بیماری‌ها و ناقلان آن‌ها است.

فدراسیون بین‌المللی فضاوردی<sup>۱۳</sup>، موارد هفت‌گانه زیر را از کاربردهای RS در حوزه‌های سلامت و پزشکی می‌داند:

- ۱- برآورد آلودگی‌های هوا، خاک و آب با استفاده از بررسی آلاینده‌های شیمیایی، فیزیکی یا بیولوژیکی مضر برای انسان؛
- ۲- مطالعات مقایسه‌ای آلودگی‌های زیست محیطی و شیوع بیماری‌های مرتبط با انسان؛
- ۳- آشکارسازی سریع شرایط مناسب رشد عوامل بیماری‌زا و عوامل ناقل بیماری و پایش شرایط محیطی سکونت آن‌ها؛
- ۴- تعیین منابع آلاینده‌های گوناگون و عوامل بیماری‌زای وابسته به شرایط محیطی؛
- ۵- بهبود برنامه‌ریزی‌های مرتبط با سلامت عمومی؛
- ۶- پایش تغییرات محیطی ناشی از رخدادهای طبیعی، مخصوصاً در نواحی دورافتاده؛
- ۷- اندازه‌گیری‌های اجتماعی-اقتصادی مرتبط با سلامت بشر مثل کشاورزی و تامین غذا، منابع آبی زیرزمینی و سرزمینی، برنامه‌ریزی شهری، برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و منطقه‌ای.

بنابراین عوامل محیطی قابل بررسی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان به موارد زیر دسته‌بندی کرد:

- ۱- آب، هوا، خاک و پوشش گیاهی؛
- ۲- رطوبت خاک و میزان آبیگری حوزه‌های آبی؛
- ۳- میزان گل آلودگی آب، pH، میزان شوری، کلروفیل و مواد معدنی؛
- ۴- پوشش گیاهی و زیست توده؛
- ۵- میزان و شدت رطوبت هوا. این موارد توسط سنجنده‌های رادار، لیزر، میکروموج، پرتوهای گاما، ماورای بنفش، مادون قرمز، و نور مرئی قابل پایش و اندازه‌گیری می‌باشند. قدرت تفکیک‌های مکانی، طیفی، رادیومتریک، و زمانی سنجنده‌های فوق که به حالت‌های زمینی، هوایی، و فضایی فعالیت می‌کنند منجر به ایجاد قابلیت‌های بسیار زیادی می‌گردند که موضوع بسیاری از تحقیقات و کاربردهای گذشته، حال و آینده است.

بیماری‌های قابل انتقال به وسیله حشرات به طور مشخصی در ارتباط با شرایط و تغییرات محیطی هستند (۷ و ۸). در واقع وجود، افزایش جمعیت و نوع رفتار حشرات ناقل، وابسته به شرایطی چون اقلیم، چشم‌انداز طبیعی و پوشش اراضی است که باعث ایجاد توزیع خاص زمانی و مکانی عوامل بیماری می‌گردد که به مقدار خیلی زیادی قابل مدل کردن و شناسایی با داده‌های سنجش از دور است (۸). در نواحی آندمیک به خصوص در نواحی استوایی، مثال‌های متعددی از بکارگیری داده‌های

<sup>14</sup> Craig

<sup>15</sup> Rogers

<sup>16</sup> Moffett

<sup>17</sup> Thomas

<sup>18</sup> Lindsay

<sup>19</sup> Cline

<sup>20</sup> Hay

<sup>13</sup> International Astronautical Federation

بهتری می‌باشند. مطالعات انجام شده حاکی از وجود محاسن زیادی در این نوع مدل‌سازی فرآیند می‌باشد که ناشی از ترکیب عناصر انسانی و طبیعی در پایگاه داده‌های GIS جهت مبارزه با بیماری‌های انتشار یافته می‌باشد (۳۲).

بکارگیری GIS در مسایل سلامت و بیماری در عین این که می‌تواند منجر به بهبود تحقیقات در حوزه‌های ارتباط دهنده انسان با محیط شود، همراه با مشکلات و مسایل ویژه و خاصی است که محققان در هنگام بکارگیری چنین فن‌آوری‌های تحلیلی پر قدرتی با آن‌ها مواجه خواهند شد. در این زمینه می‌توان به چگونگی تعیین قابلیت اعتماد داده‌ها، تعیین محل بهینه جمع‌آوری داده‌های بیشتر و بهتر، و چرایی و چگونگی تلفیق داده‌هایی که در مقیاس‌های متفاوت جمع‌آوری گردیده‌اند و میزان عدم اطمینان انجام چنین فرآیندهایی اشاره نمود. غالب تکنیک‌های کاربردی موجود مثل تحلیل واریانس و رگرسیون خطی، بر اساس فرض عدم وجود خطا در داده‌ها می‌باشند و در عین حال خوشه‌ای بودن پراکنندگی را در نظر نمی‌گیرد. با توجه به ویژگی‌های انجام مطالعات میدانی بیماری‌ها، این تکنیک‌ها به آسانی دچار خطا و انحراف می‌گردند؛ مثلاً تعیین چگونگی تأثیر رخدادها بر محیط‌های اطراف خود و نیز تعیین عوامل تأثیرگذار آن‌ها در آینده و در محیطی که در آن واقع خواهند گردید. بنابراین تکنیک‌هایی که بهتر قادر به مدل کردن شرایط فوق بوده و توأم با کمترین میزان خطا و انحراف بوده‌اند می‌بایست مورد توجه بیشتری قرار گیرند. مدل‌های ترکیبی، مدل‌های چند سطحی، مدل‌سازی معادلات ساختاری از جمله این مدل‌ها می‌باشند.

**تکنیک‌های تحلیل‌های مکانی در نظام سلامت: گراهام و همکاران (۲۰۰۴)** به باز کاوی چگونگی بهره‌گیری از تکنیک تحلیل مکانی جهت مطالعه بیماری‌ها و الگوهای آرایه خدمات سلامت پرداختند (۳۳). الگوهای نقطه (صفر بعدی)، خط (یک بعدی)، ناحیه (دو بعدی) و سطح (سه بعدی) و همچنین مقایسه نقشه‌ها و فضاها مرتبط از موضوعات مورد بحث در تحلیل مکانی در نظام سلامت است.

#### تکنیک‌های الگوهای نقطه

تحلیل‌های نقطه‌ای بیماری‌ها از موارد بسیار کاربردی تحلیل‌های مکانی مربوط به علوم اطلاعات زمین در حوزه‌های پزشکی و سلامت می‌باشند. این روش‌ها را می‌توان به دو گروه

به طور خلاصه GIS را می‌توان در حوزه‌های مطالعاتی مربوط به بررسی بیماری‌های خاص و مدیریت و تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری در حوزه‌های سلامت و بیماری مورد بررسی قرار داد. در حوزه‌های مدیریت سلامت و بیماری، میزان مشارکت ناشی از کاربردهایی چون تعیین موقعیت مکانی پزشکان و آرایه خدمات بیمارستانی و نواحی بازار و تجارت مرتبط، پایش سلامت عمومی و برنامه‌ریزی‌های پیشی، طرح‌های آرایه خدمات اورژانس در چهارچوب سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی را مشخص و معین می‌کند. کروس<sup>۲۱</sup> و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از سری‌های زمانی در محیط GIS، به نمایش چگونگی تغییرات توزیع مکانی و زمانی دندان‌پزشک‌ها پرداختند (۲۴). اسمیت<sup>۲۲</sup> و همکاران (۲۰۰۳) و کوکینگز<sup>۲۳</sup> و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی و تشریح مفاهیم کاربردی GIS در حوزه‌های تصمیم‌گیری کلان سلامت و در مدیریت نظام سلامت پرداختند (۲۵ و ۲۶). در این ارتباط، کار تونستال<sup>۲۴</sup> و همکاران (۲۰۰۴)، در استفاده از این مفهوم در توصیف ارتباط درونی بین مردم، فضا و مکان خواندنی است (۲۷). در کاربرد جالب دیگری، الگوهای ناهمگنی مکانی سلامت به خصوص در توصیف نحوه توزیع سوپرمارکت‌ها با استفاده از GIS در منطقه‌ای در کانادا مورد بررسی قرار گرفتند (۲۸). استفاده از GIS در توصیف توزیع مکانی بیماری‌های غیرمسمری توسط راجرز و همکاران (۲۰۰۷) (۲۹) و بیماری‌های مسری توسط فولی<sup>۲۵</sup> و پلاتزرب<sup>۲۶</sup> (۲۰۰۷) نتایج جالبی به دست آمد. آن‌ها برای تعیین میزان تعرفه‌های پزشکی جهت آرایه خدمات درمانی و سلامتی بیماری‌های روانی از GIS بهره گرفتند (۳۰). بوپال<sup>۲۷</sup> و فالون<sup>۲۸</sup> در مطالعه‌ای در توصیف بیماری لژیونر نتایج قابل توجهی به دست آوردند (۳۱).

آلبرت و همکاران (۲۰۰۵) ضمن بیان کاربردهای فراوان GIS به بررسی جنبه‌های مکانی بیماری‌های دراکونکولیازیس (بیماری کرم گینه)، لاکروسه انسفالیت (التهاب مغز)، بیماری لایم و مالاریا اشاره‌ای داشته و با مقایسه نتایج به دست آمده به این واقعیت ادعان می‌دارند که روش‌های مبتنی بر مطالعه بیماری خاص برای کاهش یا حذف ناقلان و نهایتاً کاهش میزان مسری بودن بیماری نسبت به روش‌هایی که به طور همزمان چند بیماری را مورد مطالعه قرار می‌دهند، دارای کارایی

<sup>21</sup> Krause

<sup>22</sup> Smith

<sup>23</sup> Coochings

<sup>24</sup> Tunstall

<sup>25</sup> Foley

<sup>26</sup> Platzerb

<sup>27</sup> Bhopal

<sup>28</sup> Fallon

<sup>29</sup> Graham

<sup>30</sup> Area

<sup>31</sup> Surface

دانش مناسبی از مکانیسم‌های بیولوژیکی، محیطی و اجتماعی باشند که ممکن است به خوشه‌بندی‌های گوناگونی منجر گردد. به عنوان نمونه یک متخصص انتظار نخواهد داشت که یک بیماری غیر عفونی مثل سرطان با الگوی مکانی مناطق پرخطر نزدیک محل دفن زباله‌ها ارتباط معناداری داشته باشد؛ در حالی که بیماری‌های عفونی مانند آنفلوآنزا ممکن است دارای الگوهای پراکنده‌ی مشخصی باشند. بر این اساس تمایز بین خوشه‌های واقعی (در مورد کمتر از پنج درصد نمونه‌ها که تمامی نمونه تحت تأثیر عامل یکسان می‌باشند) و خوشه‌های استنباطی (که ممکن است وابسته به عامل شانس بوده و یا وابسته به بیماری‌های غیر مرتبط باشند) دارای اهمیت زیادی می‌باشد (۴۰).

### روش‌های مرتبط با عوارض خطی

در مقایسه با دیگر تکنیک‌های مبتنی بر تحلیل‌های مکانی، روش‌های مبتنی بر تحلیل‌های یک بعدی خطی کمتر مورد استفاده در مطالعات سلامت و پزشکی بوده است. گام تصادفی<sup>۳۹</sup>، تصادفی<sup>۳۹</sup>، تئوری تصویر و بردار<sup>۴۰</sup> یا تحلیل شبکه<sup>۴۱</sup> از مهم‌ترین تحلیل‌های مکانی خطی در حوزه‌های پزشکی می‌باشند.

**گام تصادفی:** براون لی (۱۹۷۲) با استفاده از الگوریتم گام تصادفی نسبت به تحلیل تغییر و حرکت بیماری عفونی هپاتیت در ولونگونگ استرالیا اقدام نمود. هدف اصلی، مقایسه روند واقعی تغییر با روند تغییر مبتنی بر شانس بیماری بود (۴۱). تغییر در راستای مسیر مورد انتظار، حاکی از تأثیر عوامل غیر تصادفی ناشی از پارامترهای اکولوژیکی در گسترش بیماری در مکان‌های خاصی می‌باشد. رابرت<sup>۳۳</sup> و کان<sup>۳۴</sup> (۱۹۷۵) با استفاده از بردار تصمیم‌گیری<sup>۴۵</sup>، رفتار اهالی دو ناحیه روستایی برای به دست آوردن خدمات پزشکی و سلامت در یوتا را نشان داد (۴۲).

**تحلیل شبکه**<sup>۴۶</sup>: این تکنیک‌ها در دو حوزه بیماری و ارایه خدمات سلامت دارای کاربرد فراوان می‌باشند. از نقطه نظر بیماری‌شناسی، روش‌های تحلیلی شبکه بیشتر برای مطالعه نحوه پراکنش و بررسی ارتباط مکانی بین واحدهای گوناگون مورد استفاده واقع شده‌اند. هاگت<sup>۴۷</sup> (۱۹۷۶) هفت الگوی تحلیل شبکه جایگزین را برای مدل‌های پراکنش سرخک در جنوب

اصلی تقسیم کرد: تحلیل‌های مکانی کلی بدون در نظر گرفتن گروه و الگوی مکانی خاص و تحلیل‌های مکانی با توجه به گروه و الگوی مکانی خاص. روش‌ها و الگوریتم‌های فاصله استاندارد، بیضوی‌های انحراف معیار<sup>۳۳</sup>، تحلیل شیب، و خوشه‌بندی‌های مکانی و مکانی-زمانی از مهم‌ترین تحلیل‌های مکانی نقطه‌ای در حوزه‌های پزشکی می‌باشند.

**فاصله استاندارد:** گوبر<sup>۳۳</sup> و گوردون<sup>۳۴</sup> (۱۹۸۰) با استفاده از تئوری مکان مرکزی و مفاهیم مرتبط با توزیع خدمات شهری، نسبت به جابجایی پزشکان در فونیکس آریزونا اقدام نمودند (۳۴). آن‌ها نقشه نقطه‌ای به دست آمده را با مدل چهار جهتی نسبت به موقعیت بیمارستان مقایسه کردند. توزیع مکان پزشکان بر اساس تخصص‌های آن‌ها، با استفاده از روش فاصله استاندارد انجام پذیرفت. تاناکا<sup>۳۵</sup> و همکاران (۱۹۸۱) از روش فوق برای مقایسه تغییرات الگوهای جمعیتی و توزیع خدمات سلامت در حاشیه توکیو بین سال‌های ۱۹۶۵ تا ۱۹۷۵ استفاده کردند (۳۵).

**بیضوی‌های انحراف معیار:** گسler<sup>۳۶</sup> و میاد<sup>۳۷</sup> (۱۹۸۸) جهت خلاصه‌سازی الگوی فعالیت‌های روزانه افراد در ارتباط با بیماری‌های قلبی و عروقی در ناحیه ساوانا در جورجیا از بیضوی‌های انحراف معیار استفاده کردند (۳۶). هر دو روش فاصله استاندارد و بیضوی‌های انحراف معیار قادر به ارایه اطلاعاتی بسیار ارزشمندتر در مقایسه با اطلاعات مربوط به تلخیص توزیع الگوی مکانی نقاط می‌باشند. به عنوان نمونه، این روش‌ها قادر به ارایه شواهد و اطلاعاتی از تأثیر شبکه‌های حمل و نقل بر الگوهای فعالیت می‌باشند (۳۷).

**تحلیل شیب:** گیگز<sup>۳۸</sup> (۱۹۷۳) برای کشف توزیع مکانی اسکیزوفرنی در نائینگهام از تحلیل شیب استفاده کرد. ویژگی‌های ۱۲ زیرگروه از بیمارانی که در سری‌هایی از حلقه‌های متحدالمرکز در اطراف مرکز شهر واقع گردیده بودند ترسیم شدند. هدف از این کار، تشریح و تبیین بیماراران متفاوت در این حلقه‌ها بود (۳۸).

**خوشه‌بندی‌های مکانی و مکانی-زمانی:** تنوع بالای تکنیک‌های تحلیلی و فن آوری کامپیوتر ممکن است منجر به عدم توجه به فرآیندهای مربوط به توزیع مکانی بیماری‌ها گردد (۳۹). بدین معنی که متخصصان می‌بایست دارای آگاهی و

<sup>39</sup> Random walks

<sup>40</sup> Vectors and graph theory

<sup>41</sup> Network analysis

<sup>42</sup> Brownlea

<sup>43</sup> Robert

<sup>44</sup> Kane RL

<sup>45</sup> Vector Resolution

<sup>46</sup> Network analysis

<sup>47</sup> Haggett

<sup>32</sup> Standard deviational ellipses

<sup>33</sup> Gober

<sup>34</sup> Gordon

<sup>35</sup> Tanaka

<sup>36</sup> Gesler

<sup>37</sup> Meade

<sup>38</sup> Giggs

۱۹۶۳ پرداختند (۴۹). شانون<sup>۵۶</sup> و کاتچین<sup>۵۷</sup> (۱۹۹۴) با استفاده از نسبت ظرفیت محلی، نقشه میزان مشارکت مناطق نسبت به جمعیت در شهر مونیخ آلمان را تهیه کردند (۵۰). لول اسمیت (۱۹۹۳) و براون (۱۹۹۴) مطالعات بسیار جالبی در مورد کاربردهای نسبت ظرفیت محلی، شاخص جینی، و منحنی‌های لورنز برای بررسی و تهیه نقشه‌های پراکنش مراکز جراحی بیمارستانی و خدمات سلامت در ایالات متحده انجام دادند (۵۱ و ۵۲). بررسی مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر نشان می‌دهد استفاده از شاخص جینی برای بررسی عادلانه بودن توزیع افزایش یافته است.

**نسبت‌های استاندارد شده مرگ و میر:** چنین روش‌هایی با تکیه بر آنالیز داده‌ها عموماً دارای کاربردهای زیادی در برآورد الگوهای خاص می‌باشند. بسیاری از متخصصان جغرافیای پزشکی، بر لزوم وجود نقشه‌های احتمال، به خصوص برای بیماری‌های نادر، تأکیدی ویژه دارند. مثال‌های فراوانی از نقشه‌های بر مبنای الگوی توزیع پواسون وجود دارند. به عنوان نمونه، وایت (۱۹۷۲) به بررسی بیماری سرطان خون در انگلستان و ولز پرداخت (۴۵). گیگز (۱۹۸۰) از آن برای شناسایی بخش‌های بیمارستانی در نایتینگهام استفاده کرد (۴۶).

**خوشه‌بندی‌های مکانی و مکانی-زمانی:** گیگز و همکاران (۱۹۸۰) داده‌های مبتنی بر الگوهای ناحیه‌ای، مانند داده‌های نقطه‌ای در یک ناحیه، با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی‌های مکانی و مکانی-زمانی مورد آنالیزهای فراوانی قرار گرفته‌اند (۴۶). آنها با استفاده از روش ناکس<sup>۵۸</sup> اقدام به خوشه‌بندی مکانی-زمانی ۲۱۴ بیمار کردند که هیچ‌گونه خوشه‌بندی معناداری به دست نیامد. با این حال پیشنهاد کردند که ممکن است خوشه‌بندی مکانی-زمانی بر اساس محل کار بیماران جوابگو باشد. آبرامسون<sup>۵۹</sup> (۱۹۸۰) با استفاده از بعضی تکنیک‌های پایه‌ای اقدام به خوشه‌بندی‌های مکانی و مکانی-زمانی برای بیماری‌هاچکین در فواصل سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۲ در اسرائیل (سرزمین‌های اشغالی) کرد (۵۳). در این تحقیق با استفاده از ۴۱۸ نمونه در ۱۴ منطقه کنترل شده و ۴۰ منطقه کنترل نشده و بر اساس تست مربع کای، الگوهای پراکنده جغرافیایی بیماری‌ها و عدم وجود آن‌ها را به دست آوردند. گیلز (۱۹۸۳) با استفاده از خوشه‌بندی مکانی-زمانی اقدام به بررسی بیماری‌هاچکین نمود (۵۴).

غربی انگلستان طراحی کرد: منطقه‌ای، شهری-روستایی، محلی-واگیری، موجی-واگیری، رفت و آمد بین محل کار و منزل، میزان جمعیت، و تراکم جمعیت (۴۳). آدسینا<sup>۴۸</sup> (۱۹۸۴) تحلیل شبکه را برای مطالعه پراکنش وبا در جزیره ایبری بکار برد (۴۴).

### روش‌های مرتبط با عوارض ناحیه‌ای

راه‌های متعددی برای تهیه نقشه‌های مربوط به پراکنده‌گی بیماری‌ها وجود دارد. بیشتر نقشه‌های موضوعی، بر اساس خصوصیات ثابت آماری بیماری‌ها (مانند میانگین و انحراف معیار) تهیه می‌شوند که معمولاً نقشه‌هایی توصیفی و کیفی می‌باشند. با این حال ضرورت وجود نقشه‌های کمی و مبتنی بر احتمال، مخصوصاً برای بیماری‌های نادر بسیار ضروری است. توزیع و پراکنده‌گی مواد سمی جهت تعیین مناطق با احتمال خطر بالا و یا پایین یک بیماری مثالی از آن می‌باشد. وایت<sup>۴۹</sup> (۱۹۷۲) به بررسی سرطان خون در یک مدل کمی در انگلستان پرداخت (۴۵). گیگز (۱۹۸۰) بر اساس احتمال وجود سم، مبادرت به تعیین مناطقی با میزان بالای عفونت لوزالمعده در نایتینگهام نمود. نتایج تحقیق نشان داد که وجود بیماری در یکی از شش منبع تأمین آب کاملاً معنادار بوده و نمی‌تواند وابسته به شانس باشد (۴۶). بر اساس نظر وایت (۱۹۷۲)، مهم‌ترین معیارها برای تحلیل‌های مکانی مرتبط با عوارض ناحیه‌ای شامل: نسبت ظرفیت محلی، نسبت‌های استاندارد شده مرگ و میر، احتمالات پواسون، خوشه‌بندی‌های مکانی و مکانی-زمانی، مقادیر خودهمبستگی مکانی، الگوریتم‌های مبتنی بر مقایسه نقشه، و خوشه‌بندی سلسله مراتبی می‌باشند.

**نسبت ظرفیت محلی:** ریکتز<sup>۵۰</sup> و همکاران (۱۹۹۴) مثال‌ها و فرمول‌های متعددی برای تعیین وجود پدیده‌ها در مناطق مختلف ارائه نمودند (۴۷). ژوزف<sup>۵۱</sup> و هال<sup>۵۲</sup> (۱۹۸۵) با استفاده از محاسبه ضرایب تمرکز محلی نقشه نسبت ظرفیت محلی ارائه خدمات به سه گروه جمعیتی کودکان، بزرگسالان، و بیماران ذهنی را در کلان‌شهر و شهر تورنتو تهیه کردند (۴۸). مک کانل<sup>۵۳</sup> و توبیاس<sup>۵۴</sup> با استفاده از شاخص جینی<sup>۵۵</sup> به بررسی توزیع مکانی پزشکان در ایالات متحده در فاصله سال‌های ۱۹۸۰ -

<sup>48</sup> Adesina

<sup>49</sup> White

<sup>50</sup> Ricketts

<sup>51</sup> Jozef

<sup>52</sup> Hall

<sup>53</sup> McConnel

<sup>54</sup> Tobias

<sup>55</sup> Gini Index

<sup>56</sup> Shannon

<sup>57</sup> Cutchin

<sup>58</sup> Knox's method

<sup>59</sup> Abramson

قابل قبولی به دست نیاورد. با این حال، با استفاده از خوشه‌بندی سلسله مراتبی، نتایج رضایت‌بخشی به دست آوردند (۶۱). پایل و لویر<sup>۶۷</sup> (۱۹۷۳) برای مشخص کردن خوشه‌های سلسله مراتبی مربوط به مناطق با خطرپذیری بالا روشی را توسعه دادند که در آن میزان بیماری از زیاد به کم در واحدهای مکانی قرار داده می‌شوند. در مرحله اول، نزدیکی دو تا از واحدهای مکانی با بالاترین میزان ریسک بررسی می‌شود؛ در مرحله بعد سه تا و الی آخر. مطالعه فوق برای بررسی نشانگان مرگ ناگهانی شیرخوار در صد شهر در کارولینای شمالی انجام پذیرفت.

### تکنیک‌های مرتبط با عوارض سطحی

بازسازی یک سطح می‌تواند براساس تلفیق مقادیر ارتفاعی  $Z$  در ارتباط با موقعیت مسطحاتی آن‌ها در دو بعد  $X$  و  $Y$  باشد که با استفاده از خطوط هم ارتفاع دو بعدی ایزولاین قابل ترسیم و بیان می‌باشند. بر این اساس، متغیرهای مرتبط با مراقبت‌های سلامت و بیماری، قابلیت نمایش بر نقاط مشخص در فضای سه بعدی را خواهند داشت. از مهم‌ترین تکنیک‌های مربوط به آنالیز مکانی مربوط به عوارض سطحی می‌توان به خطوط هم اندازه و روندهای سطحی و غیره اشاره نمود که جهت مقایسه نقشه‌ها، ضرایب انطباق نواحی و ضرایب همبستگی به کار رفته‌اند. مقیاس‌گذاری چند بعدی و تحلیل خوشه‌ای، همگی مثال‌هایی از روش‌های بکار گرفته شده‌ای هستند که در فضاهای نسبی و غیر متریک عمل می‌کنند. همچنین به موضوعات کلی دیگری شامل مسایل مرتبط با تحلیل مکانی، تئوری سازی و تعیین نقش تکنیک‌ها و علوم و فن آوری کامپیوتری، تکنیک‌های شبیه‌سازی مونت کارلو، تحلیل شبکه، برآورد ریسک‌های محیطی، تهیه نقشه تفاوت‌ها و مقیاس‌گذاری چند بعدی در علوم سلامت و پزشکی می‌توان اشاره کرد.

**خطوط هم اندازه و روندهای سطحی:** خطوط هم اندازه دو بعدی ایزولاین قابل ترسیم و بیان جهت نمایش عوارض سه بعدی از پرکاربردترین تکنیک‌ها می‌باشند. پایل و لاور<sup>۶۸</sup> (۱۹۷۵) نسبت به تهیه نقشه‌های حوزه نفوذ بیمارستان‌ها بر اساس نسبت‌های جمعیت در واحدهای مکانی مبادرت نمودند (۶۲). گیلگ (۱۹۷۳) با استفاده از نقشه ایزولاین‌های تهیه شده به بررسی نحوه پخش بیماری طاعون مرغی پرداخت (۶۳). مای هیو<sup>۶۹</sup> (۱۹۸۱) اقدام به تهیه نقشه خطوط هم زمان بر اساس سرعت دسترسی به مراکز اورژانسی در اطراف شهرهای

مقادیر خودهمبستگی مکانی: شاخص‌های معرف خودهمبستگی مکانی برای بررسی الگوهای پراکندگی بیماری‌ها دارای کاربردهای فراوانی می‌باشند. والتر<sup>۶۰</sup> (۱۹۹۳) به معرفی سه شاخص اصلی خودهمبستگی مکانی (شاخص موران<sup>۶۱</sup> (I)، جری<sup>۶۲</sup> (C)، و آماره رتبه همسایگی<sup>۶۳</sup> (D) پرداخت و نشان داد که چگونه عواملی چون تعداد کم نمونه‌ها، تنوع مکانی، و تغییرات ساختارهای سنی در جمعیت در معرض خطر بیماری این شاخص‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۵۵). وویدلا<sup>۶۴</sup> (۱۹۹۶) و همکاران برای بررسی میزان خودهمبستگی مکانی بیماری سرطان سینه در آرژانتین از شاخص موران استفاده کردند (۵۶). آدیسینا (۱۹۸۴) به بررسی پراکندگی مکانی و واگیری بیماری وبا پرداخت. در این مطالعه پنج مدل و سه فاز شامل (پیشرفت، اوج، و تهدید) مورد بررسی قرار گرفت (۵۷). ایشان همچنین با استفاده از بررسی حدهای متفاوت سرایت بیماری سعی کرد به الگوهای خاص جهت‌دار مکانی در پخش بیماری پی برد.

**الگوریتم‌های مبتنی بر مقایسه نقشه:** الگوریتم‌های مقایسه نقشه‌ها از پرکاربردترین روش‌های آماری در تحلیل‌های مکانی در حوزه سلامت می‌باشند که همبستگی اکولوژیکی نیز نامیده می‌شوند. گشتاور حاصل ضرب پیرسون یا آماره‌های رتبه همبستگی اسپیرمن از روش‌های متداول می‌باشند. الگوریتم‌های مقایسه نقشه‌ها برای نشان دادن الگوهای مکانی بیماری‌ها و منابع پایش سلامت از اهمیت بالایی برخوردار هستند. انجام این کار از طریق پلات کردن متغیرهای وابسته و مستقل و بررسی میزان همبستگی بین آن‌ها انجام می‌پذیرد. مک گلاشان<sup>۶۵</sup> (۱۹۷۲)، ۲۰ فاکتور محیطی در ارتباط با ۵۰ بیماری را در افریقای مرکزی با استفاده از اطلاعات ۸۴ بیمارستان مورد بررسی قرار داد (۵۸). گیسلر و همکاران (۱۹۸۰) و اسمیت (۱۹۸۳) با استفاده از همبستگی اکولوژیکی به نتایج جالبی از مقایسه الگوهای بیماری‌ها و پارامترهای محیطی در مناطق مطالعاتی مورد نظر خود رسیدند (۵۹ و ۶۰).

**خوشه‌بندی سلسله مراتبی:** پایل<sup>۶۶</sup> (۱۹۷۳) به بررسی میزان همبستگی بین نقشه‌های شیوع بیماری سرخک در مقایسه با نقشه‌های مربوط به متغیرهای گوناگون جمعیتی و اقتصادی-اجتماعی در نواحی متفاوت اوهایو پرداخت و نتایج

<sup>60</sup> Walter  
<sup>61</sup> Moran adjacency statistic  
<sup>62</sup> Geary  
<sup>63</sup> Rank adjacency statistic  
<sup>64</sup> Wojdyla  
<sup>65</sup> McGlashan  
<sup>66</sup> Pyle

<sup>67</sup> Lauer

<sup>68</sup> Lauer

<sup>69</sup> Mayhew

و متدولوژیک تحلیل‌های مکانی در آشکارسازی دلایل بیماری‌ها پرداخت (۷۲). کینگ (۱۹۷۹) ملاحظات را در مورد به کارگیری اپیدمیولوژی در بعد مکانی بیان نمود (۷۳): ضرورت تلفیق میزان و شدت بیماری‌ها در ابعاد مکانی و زمانی که باعث تثبیت داده‌ها ولی از دست رفتن اطلاعات می‌گردد؛ صحت مدارک مربوط به مرگ و میر و دلایل آن‌ها؛ انتخاب یک فرآیند استانداردسازی مناسب؛ انتخاب مقیاس مناسب برای نقشه میزان بیماری‌ها و واحدهای قابل تصحیح؛ و ملاحظات اکولوژیک. استیمسون<sup>۸۲</sup> (۱۹۸۳) عدم دقت، ناکامل بودن، و عدم ثبات منابع داده‌ای، استنتاجات غیر قابل اتکا از داده‌های اکولوژیکی در مطالعات مربوط به آرایه خدمات سلامت و مقایسه داده‌هایی که دارای انطباق زمانی و مقیاسی نباشند را از مشکلات عمده بکارگیری داده‌های مکانی در مطالعات مربوط به آرایه خدمات سلامت می‌داند (۷۴). هاگت<sup>۸۳</sup> (۱۹۷۶) در مطالعه پراکندگی بیماری سرخک به مشکلاتی چون عدم تطابق واحدها، میزان جمعیت و اندازه واحدهای مطالعاتی، و چگونگی تعریف ارتباطات واحدهای مطالعاتی اشاره می‌نماید (۷۵). مک گلاشان<sup>۸۴</sup> (۱۹۷۲) بزرگ‌ترین مشکل انجام تحلیل‌های مکانی در کشورهای در حال توسعه را عدم وجود داده و یا عدم دقت آن‌ها می‌داند (۵۸). گرین والد<sup>۸۵</sup> و همکاران (۱۹۷۹) و بسیاری محققان دیگر سعی در حل مشکلات فوق نموده‌اند؛ به عنوان نمونه با استفاده از شبکه‌های مجاورت توانستند بر پاره‌ای از مشکلات مطرح شده برای بیماری‌های خاص غلبه کنند (۷۶). مقیاس به عنوان یک مسأله مهم در جغرافیا همیشه نقش مهمی داشته است. جغرافی‌دانان پزشکی کماکان به این مشکل اذعان دارند که الگوهای مکانی یا ارتباط بین متغیرها در مقیاس‌های متفاوت دارای اطلاعات متفاوتی می‌باشند. برای حل مشکل فوق می‌توان بررسی‌های مرتبط با مراقبت‌های پزشکی را در چندین سطح متفاوت جغرافیایی انجام داد. براین اساس، اشنايدر<sup>۸۶</sup> و همکاران (۱۹۹۳) برای نشان دادن تغییرات خوشه‌های سرطان در نیوجرسی از چهار سطح متفاوت ایالت، شهر، بخش، و روستا استفاده کردند (۷۷). والر<sup>۸۷</sup> و تورن بال<sup>۸۸</sup> (۱۹۹۳) کاربرد صحیح تست‌های آماری را مشروط به انطباق درست داده‌ها

بزرگ نمود (۶۴). لایتون<sup>۷۰</sup> و آربونا<sup>۷۱</sup> (۱۹۹۶) با محاسبه میزان ریسک سطحی به مطالعه ابتلای به ایدز پرداختند و راشتون<sup>۷۲</sup> و لولونیس<sup>۷۳</sup> (۱۹۹۶) نسبت به تهیه نقشه ایزولاین مربوط به میزان مرگ و میر کودکان با استفاده از تکنیک کریجینگ<sup>۷۴</sup> اقدام نمودند (۶۵ و ۶۶).

**تکنیک‌های شبیه‌سازی مونت کارلو:** برنامه‌های کامپیوتری به منظور شبیه‌سازی انجام مطالعات برای تعیین میزان احتمال وقوع توأم پدیده‌ها در واحدهای سطحی، دارای کاربردهای فراوانی می‌باشند. گریم سون و همکاران (۱۹۸۱) روش شبیه‌سازی مونت کارلو را برای مواقعی که داده‌های مکانی از هم مستقل نبوده و واحدهای سطحی دارای اشکال نامنظم باشند مناسب دانستند (۶۷). ویلسون<sup>۷۵</sup> (۱۹۹۳) یک مدل شبیه‌سازی را با استفاده از داده‌های مربوط به بیماری آبله در فنلاند توسعه داد که در آن سعی کرد به این سؤال پاسخ داده شود که "چرا الگوهای مرگ و میر مکانی آبله، تصویر کامل و درستی از مرگ و میر واقعی ناشی از آبله نیست؟" (۶۸). لایتون<sup>۷۶</sup> و آربونا<sup>۷۷</sup> (۱۹۹۶) با استفاده از مدل شبیه‌سازی مونت کارلو به پیش‌بینی توزیع مکانی بیماری ایدز در پورتوریکو پرداختند (۶۹). روشتون<sup>۷۸</sup> و لولونیس<sup>۷۹</sup> (۱۹۹۶) به موارد دیگر کاربردی شبیه‌سازی در بکارگیری آن در یافتن توزیع تصادفی و مکانی مرگ و میر کودکان اشاره نمودند (۷۰). شبیه‌سازی بکار رفته توسط گاترل<sup>۸۰</sup> و بای لی<sup>۸۱</sup> (۱۹۹۶) با استفاده از شواهد لازم به منظور خوشه‌بندی سرطان خون بچه‌ها در ایالت لویزیانا از دیگر نمونه‌های مربوط به شبیه‌سازی است (۷۱).

### ملاحظات و محدودیت‌های تحلیل‌های مکانی

مانند روش‌های کاربردی دیگر، تکنیک‌های مبتنی بر تحلیل‌های مکانی برای کاربردهای حوزه‌های سلامت و بیماری انسان و سلامت محیط توأم با مشکلاتی می‌باشند که بعضی از آنها کلی و عام هستند؛ در حالی که بعضی دیگر خاص تکنیک مورد استفاده می‌باشند. مایر (۱۹۸۳) به بررسی مشکلات منطقی

<sup>70</sup> Loytonen

<sup>71</sup> Arbona

<sup>72</sup> Rushton

<sup>73</sup> Lolonis

<sup>74</sup> Kriging

<sup>75</sup> Wilson

<sup>76</sup> Loyton

<sup>77</sup> Arbona

<sup>78</sup> Rushton

<sup>79</sup> Lolonis

<sup>80</sup> Gatrell

<sup>81</sup> Bailey

<sup>82</sup> Stimson

<sup>83</sup> Haggett

<sup>84</sup> McGlashan

<sup>85</sup> Greenwald

<sup>86</sup> Schneider

<sup>87</sup> Waller

<sup>88</sup> Turnbull

۲- بررسی اختصاصی منابع علمی برای بیماری‌های خاص: در تحقیقات انجام شده، اطلاعات کافی در مورد بیماری‌ها ارایه شده‌اند. رجوع به منابع اصلی حاوی اطلاعاتی در مورد سخت‌افزار، نرم‌افزار، داده‌ها، و آنالیزهای کاربردی برای یک موضوع خاص مطالعاتی بسیار ضروری می‌باشد. منابع اشاره شده در اینجا تنها به عنوان نمونه ذکر شده‌اند و جستجوی اختصاصی منابع مرتبط ضروری است.

۳- بررسی موارد کاربردی گذشته: توجه به این امر، موجب درک بهتر در قابلیت اصلاح تطبیق و توسعه روش‌های به کار برده شده برای موارد مشابه می‌باشد. انجام این امر احتمالاً منجر به خلق ایده‌های جدید و بهبود و توسعه روش‌های کنونی می‌گردد.

۴- بررسی دقیق قابلیت انجام تحقیقات و مطالعات کاربردی جدید: مشارکت فعال و آگاهانه در سازمان‌ها و ساختارهای اداری می‌تواند به خلق فرصت‌ها و قابلیت‌های جدید منجر گردد.

۵- استفاده از روش‌های تحلیل مناسب: احتمال بروز انحراف ناشی از نحوه توزیع داده و پراکنش آن در چنین مطالعاتی همواره وجود دارد. انتخاب درست روش تحلیل آماری و مدل‌سازی در موفقیت و اعتبار مطالعه نقش اساسی خواهد داشت. هرگونه پیشنهاد برای بکارگیری تکنیک‌های تحلیل مکانی در علوم پزشکی و سلامت می‌بایست توأم با تأمل در قابلیت‌های انجام آن باشد. در این مقاله، موارد زیر دارای اهمیت بیشتری تشخیص داده شدند که می‌توانند دارای کاربردهای فراوان باشند.

۶- تکنیک‌های شبیه‌سازی مونت کارلو برای بررسی الگوهای نقطه‌ای بیماری‌ها: اگر جمعیت بیماری مورد بررسی دارای توزیع آماری مکانی تصادفی نباشند، مقایسه آماری این جمعیت با توزیعات متداول تئوریک چون پواسون، نیمین نوع آ، و توزیع دو جمله‌ای منفی امکان‌پذیر نمی‌باشد.

۷- تکنیک‌های تحلیل شبکه برای بررسی چگونگی ارجاع بیماران و ارایه خدمات سلامت به مناطق دورافتاده و روستایی: در یک سیستم کارآمد جهت ارجاع بیماران می‌توان محل سکونت بیمار، موقعیت پزشک، و امکانات مربوط به ارایه خدمات سلامت را در گره‌های شبکه مشخص کرد و مسیرهای گوناگون حرکت بیماران را با استفاده از ارتباطات وزنی گوناگون تعیین کرد. بر این اساس می‌توان نسبت به بررسی میزان دوری و نزدیکی به گره‌ها، نوع ارتباط، ارتباطات سلسله مراتبی و غیره اقدام نمود. برای افراد کوچ‌نشین می‌توان براساس مدت زمان

دانستند (۷۸). به هر حال، کلیک<sup>۸۹</sup> (۱۹۷۹) معتقد به بکارگیری مبتکرانه مقیاس در تحلیل‌های مکان- مرجع می‌باشد (۷۹)؛ مثلاً یافتن نتایج تکرارپذیر در مقیاس‌های متفاوت می‌تواند تأییدی بر یک فرضیه باشد. مقیاس همچنین می‌تواند به عنوان مبنایی برای تحلیل‌های مکانی مجموعه داده‌های ناهمگن و غیرمنطبق مربوط به پدیده‌های خاص به کار رود. میاده<sup>۹۰</sup> (۱۹۸۳) بیماری‌های قلبی و عروقی را در مقیاس‌های متفاوت بررسی کرد (۸۰). بکارگیری همبستگی نگاشت‌های مکانی جهت تعیین بهترین مقیاسی که در آن یک فرآیند مشخص به بهترین شکل قابل بررسی باشد را می‌توان در کار وایت (۱۹۷۲) (۴۵) مورد بررسی قرار داد. آنگلو<sup>۹۱</sup> و همکاران (۱۹۷۹) بررسی چگونگی انواع شیوع (سلسله مراتبی، مسری، و غیره) و فرآیندها (مثلاً یک بیماری) با استفاده از داده‌ها و جمعیت‌های با سطوح متفاوت انطباق را از دیگر کاربردهای مقیاس بیان می‌کند (۸۱).

## نتیجه‌گیری

قبل از انجام هر گونه مطالعه کاربردی در زمینه تحلیل‌های مکانی ناشی از علوم سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در سیستم پایش سلامت و بیماری، توجه خوانندگان را به طور مؤکدی نسبت به دقت در درک اصول و مبانی و تفاوت موضوعات مورد مطالعه خود با موارد مشابه جلب می‌کنیم. ضرورت داشتن آگاهی از علوم و دانش‌های پایه‌ای و نیز اطلاعات کافی از تکنیک‌ها در ارتباط با موضوع مورد مطالعه از اهمیت حیاتی برخوردار است. بر این اساس قبل از ورود به حوزه مطالعاتی کاربرد تحلیل‌های مکانی در علوم پزشکی و سلامت رعایت موارد زیر توصیه می‌گردد:

۱- شناخت دقیق موضوع: در صورت عدم شناخت دقیق و صحیح موضوع، بکارگیری و توسعه یک کاربرد پیشرفته از تحلیل مکانی در سیستم‌های پایش سلامت و پزشکی امری غیرمحمتمل و بسیار سخت خواهد بود. بنابراین به تناسب موضوع مورد مطالعه، داشتن اطلاعات و آگاهی کافی بسیار ضروری می‌باشد. به عنوان نمونه می‌توان به آشنایی با سازمان و ساختار و تفاوت‌های سازمانی و مدیریتی سلامت و ساز و کار ارایه خدمت، عوامل تأثیرگذار در جلوگیری از انتقال بیماری، خوشه‌های طبیعی یا سازمانی بیماری، وضعیت کنونی مکانی و روند تغییرات زمانی در شیوع بیماری و میزان آن، حتی نشانه‌های کلینیکی بیماری‌ها اشاره نمود.

<sup>89</sup> Cleek

<sup>90</sup> Meade

<sup>91</sup> Angulo

متداول مبتنی بر مقایسه مثل ضرایب همبستگی مربوط به عوارض ناحیه‌ای که وابسته به یک مقدار عددی می‌باشند، نقشه‌های تفاوت‌ها چیدمان مکانی و فضایی عناصر مربوط به مشابهت‌های نقشه‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهند.

۱۰- مقیاس‌گذاری چندبعدی برای بررسی فواصل اجتماعی بین بیماران و ارائه‌دهندگان خدمات سلامت: مشکلات ناشی از فواصل اجتماعی، به عنوان مانعی برای ارائه خدمات سلامت، یک عامل شناخته شده جهانی می‌باشد. مشکل اصلی در چگونگی اندازه‌گیری این متغیر ظاهراً فردی می‌باشد. به مانند روان‌شناس‌ها و مردم‌شناسان آیا می‌توان فواصل اجتماعی را نیز در کنار سایر فواصل مرسوم اندازه‌گیری و مدل نمود؟

## References

- 1- Albert DP, Gesler WM, Levergood B. *Spatial Analysis, GIS and Remote Sensing: Applications in the Health Sciences*. Boca Raton, FL: CRC Press; 2000: 217.
- 2- Aronoff S. *Geographic Information Systems, A Management Perspective*. Ottawa: WDL Publications; 1989: 294.
- 3- Jensen JR. *Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective*. 3<sup>rd</sup> ed. Prentice Hall; 2005: 526.
- 4- Slocum TA, McMaster RB, Kessler FC, Howard HH. *Thematic Cartography and Geovisualization*. 3<sup>rd</sup> ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson, Prentice Hall; 2009: 561.
- 5- Agnew DC, Larson KM. Finding the repeat times of the GPS constellation. *GPS Solutions* 2007; 11 (1): 71- 76.
- 6- Smith JDE, Goodchild MF, Longly PA. *Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools*. Matador; 2007: 516.
- 7- Gratz NG. Emerging and resurging vector-borne diseases. *Annu Rev Entomol* 1999; 44: 51-75.
- 8- Patz JA, Graczyk TK, Geller N, Vittor AY. Effects of environmental change on emerging parasitic diseases, *Int J Parasitol* 2000; 30: 1395-1405.
- 9- Craig MH, Snow RW, Le Sueur DA. Climate-based distribution model of malaria transmission in sub-Saharan Africa. *Parasitol Today* 1999; 15: 105-111.
- 10- Rogers DJ, Randolph SE, Snow RW, Hay SI. Satellite imagery in the study and forecast of malaria. *Nature* 2002; 415: 710-715.
- 11- Moffett A, Shackelford N, Sarkar S. Malaria in Africa, vector species' niche models and relative risk maps. *PLoS ONE* 2007; 2: 8- 24.
- 12- Thomas CJ, Lindsay SW. Local-scale variation in malaria infection amongst rural Gambian children estimated by satellite remote sensing. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2000; 94: 159-163.
- 13- Omumbo JA, Hay SI, Snow RW, Tatem AJ, Rogers DJ. Modelling malaria risk in East Africa at high-spatial resolution. *Trop Med Int Health Trop Med Int Health* 2005; 10 (6): 557-566.
- 14- Bogh C, Lindsay SW, Clarke SE, Dean A, Jawara M, Pinder M, et al. High spatial resolution mapping of malaria transmission risk in the Gambia, West Africa, using LANDSAT TM satellite imagery. *Am J Trop Med Hyg* 2007; 76: 875-881.
- 15- Jacob BG, Muturi E, Halbig P, Mwangangi J, Wanjogu RK, Mpanga E, et al. Environmental abundance of Anopheles (Diptera, Culicidae) larval habitats on land cover change sites in Karima Village, Mwea Rice Scheme, Kenya. *Am J Trop Med Hyg* 2007; 76: 73-80.
- 16- Beck LR, Rodriguez MH, Dister SW, Rodriguez AD, Rejmankova E, Ulloa A, et al. Remote Sensing as a landscape epidemiologic tool to identify villages at high risk for malaria transmission. *Am J Trop Med Hyg* 1994; 51: 271-280.
- 17- Rejmankova E, Roberts DR, Pawley A, Manguin S, Polanco J. Predictions of adult anopheles albimanus densities in villages based on distances to remotely sensed larval habitats. *Am J Trop Med Hyg* 1995; 53: 482-488.
- 18- Roberts DR, Paris JF, Manguin S, Harbach RE, Woodruff R, Rejmankova E, et al. Predictions of malaria vector distribution in Belize based on multispectral satellite data. *Am J Trop Med Hyg* 1996; 54: 304-308.
- 19- Sharma VP, Nagpal BN, Srivastava A, Adiga S, Manavalan P. Estimation of larval production in Sanjay lake and its surrounding ponds in Delhi, India using remote sensing technology. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health* 1996; 27: 834-840.
- 20- Sithiprasasna R, Lee WJ, Ugsang DM, Linthicum KJ. Identification and characterization of larval and adult anopheline mosquito habitats in the Republic of Korea, potential use of remotely sensed data to estimate mosquito distributions. *Int J Health Geogr* 2005; 4: 17.
- 21- Cline BL. New eyes for epidemiologists, aerial photography and other remote sensing techniques. *American Journal of Epidemiology* 1970: 85-89.
- 22- Hay SI, Packer MJ, Rogers DJ. The impact of remote sensing on the study and control of invertebrate intermediate hosts and vectors for disease. *International Journal of Remote Sensing* 1997; 18: 2899-2930.
- 23- NASA. Contributions of land remote sensing for decision about food security and human health. workshop report. 2007.

- 24- Krause D, Frate DA, May WL. Demographics and distribution of dentists in Mississippi: A dental work force study. *J Am Dent Assoc* 2005; 136: 668-677.
- 25- Smith DP, Gould MI, Higgs G. (Re)surveying the uses of Geographical Information Systems in Health Authorities 1991–2001. *AREA* 2003; 35 (1): 74–83.
- 26- Cockings S, Dunn CE, Bhopal RS, Walker DR. Users' perspectives on epidemiological, GIS and point pattern approaches to analysing environment and health data. *Health and Place* 2004; 10: 169- 182.
- 27- Tunstall HVZ, Shaw M, Dorling D. Places and health. *Journal of Epidemiology and Community Health* 2004; 58: 6-10.
- 28- Larsen K, Gilliland J. Mapping the evolution of 'food deserts' in a Canadian city: supermarket accessibility in London, Ontario, 1961–2005. *International Journal of Health Geographics* 2008; 7: 16.
- 29- Rodgers JK, Bergmann KJ, Salak VL, Lackland DT, Hinson VK. Geographic distribution of Parkinson's disease and stroke in South Carolina. *Annals of Epidemiology* 2007; 17 (9): 723.
- 30- Foley R, Platzerb H. Place and provision: mapping mental health advocacy services in London. *Social Science and Medicine* 2007; 64: 617-632.
- 31- Bhopal RS, Fallon RJ. Variation in time and space of non-outbreak Legionnaires' disease in Scotland. *Epidemiology and Infection* 1991; 106: 45-61.
- 32- Albert DP, Gesler WM, Levergood B. *Spatial Analysis, GIS, and Remote Sensing Applications in the Health Sciences*. Chelsea, Michigan: Ann Arbor Press; 2005.
- 33- Graham AJ, Atkinson PM, Dansonn FM. Spatial analysis for epidemiology. *Acta Tropica* 2004; 91: 219-25.
- 34- Gober P, Gordon RJ. Intraurban physician location: A case study of Phoenix. *Social Science and Medicine* 1980; 14D (4):407-417.
- 35- Tanaka T, Rhu S, Nishigaki M, Hashimoto M. Methodological approaches on medical care planning from the viewpoint of a geographical allocation model: A case study on South Tama District. *Social Science and Medicine* 1981; 150:83-91.
- 36- Gesler WM, Meade MS. Locational and population factors in health care-seeking behavior in Savannah, Georgia. *Health Services Research* 1988; 23(3): 443-462.
- 37- Giggs JA. The distribution of schizophrenia in Nottingham, *Transactions of the Institute of British Geographers* 1973; 59:55-76.
- 39- Waller LA, Jacquez GM. Disease models implicit in statistical tests of disease clustering. *Epidemiology* 1995; 6 (6): 584-590.
- 40- Jacquez GM, Waller LA, Grimson R, Wartenburg D. The analysis of disease clusters, Part I: State of the art. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 1996; 17 (5): 319-327.
- 41- Brownlea AA. Modelling the geographic epidemiology of infectious hepatitis. In: McGlashan ND. *Medical Geography: Techniques and Field Studies*; 1972; 279-300.
- 42- Kane RL. Vector resolution: A new tool in health planning. *Medical Care* 1975; 13(2): 126-136.
- 43- Hagggett P. Hybridizing alternative models of an epidemic diffusion process. *Economic Geography* 1976; 52: 136-146.
- 44- Adesina HO. Identification of the cholera diffusion process in Ibadan, 1971. *Social Science and Medicine* 1984; 18 (5): 429-440.
- 45- White RR. Probability maps of leukemia mortalities in England and Wales. In: McGlashan. *Medical Geography: Techniques and Field Studies*; 1972; 173-185.
- 46- Giggs JA, Ebdon DS, Bourke JB. The epidemiology of primary acute pancreatitis in the Nottingham Defined Population Area. *Transactions of the Institute of British Geographers* 1980; 5: 229-242.
- 47- Ricketts TC, Savitz LA, Gesler WM, Osborne DN (Eds.). *Geographic Methods for Health Services Research: A Focus on the Rural-Urban Continuum*. Lanham, MD: University Press of America.
- 48- Joseph AE, Hall GB. The locational concentration of group homes in Toronto. *Professional Geographer* 1985; 37 (2): 143-154.
- 49- McConnel CE, Tobias LA. Distributional change in physician manpower, United States, 1963- 80. *American Journal of Public Health* 1986; 76 (6): 638-642.
- 50- Shannon GW, Cutchin MP. General practitioner distribution and population dynamics: Munich, 1950- 1990. *Social Science and Medicine* 1994; 39 (1): 23-38.
- 51- Lowell-Smith EG. Regional and intrametropolitan differences in the location of freestanding ambulatory surgery centers. *Professional Geographer* 1993; 45 (4): 398-407.
- 52- Brown MC. Using Gini-style indices to evaluate the spatial patterns of health practitioners: Theoretical considerations and an application based on Alberta data. *Social Science and Medicine* 1994; 38 (9): 1243-1256.
- 53- Abramson JH, Goldblum N, Avitzur M, Pridan H, Sacks MI, Peritz E. Clustering of Hodgkin's disease in Israel: A case-control study. *International Journal of Epidemiology* 1980; 9 (2): 137-144.
- 54- Giles GG. The utility of the relative risk ratio in geographic epidemiology: Hodgkin's disease in Tasmania 1972-1980. In: McGlashan ND, Blunden JR (Eds.). *Geographical Aspects of Health: Essays in Honor of Andrew Learmonth*. London: Academic Press; 1983: 361-374.
- 55- Walter SD. Assessing spatial patterns in disease rates. *Statistics in Medicine* 1993; 12 (19/20): 1885-1894.
- 56- Wojdyla D, Poletto L, Cuesta C, Badler C, Passamonti ME. Cluster analysis with constraints: Its use with breast cancer mortality rates in Argentina. *Statistics in Medicine* 1996; 15 (7/9): 741-746.
- 57- Adesina HO. Identification of the cholera diffusion process in Ibadan, 1971. *Social Science and Medicine* 1984; 18 (5): 429-440.
- 58- McGlashan ND. Geographical evidence on medical hypotheses. In: McGlashan ND, eds. *Medical Geography: Techniques and Field Studies*. London: Methuen; 1972: 199-210.
- 59- Gesler WM, Todd C, Evans C, Casella G, Pittman J, Andrews H. Spatial variations in morbidity and their relationship with community characteristics in Central Harlem Health District. *Social Science and Medicine* 1980; 14D (4): 387-396.
- 60- Smith CJ. Locating alcoholism treatment facilities. *Economic Geography* 1983; 59: 368-385.

- 61- Pyle GF. Measles as an urban health problem: The Akron example. *Economic Geography* 1973; 49: 344-356.
- 62- Pyle GF, Lauer BF. Comparing spatial configurations: Hospital service areas and disease rates. *Economic Geography* 1975; 51: 50-68.
- 63- Gilg AW. A study in agricultural disease diffusion: The case of the 1970- 71 fowl-pest disease. *Transactions of the Institute of British Geographers* 1973; 59: 77-97.
- 64- Mayhew LD. Automated isochrones and the location of emergency medical services in cities. *Professional Geographer* 1981; 33: 423-428.
- 65- Loytonen M, Arbona SI. Forecasting the AIDS epidemic in Puerto Rico. *Social Science and Medicine* 1996; 42 (7): 997-1010.
- 66- Rushton G, Lolonis P. Exploratory spatial analysis of birth defect rates in an urban population. *Statistics in Medicine* 1996; 15 (7/9): 717-726.
- 67- Grimson RG, Wang KC, Johnson PWC. Searching for hierarchical clusters of disease: Spatial patterns of sudden infant death syndrome. *Social Science and Medicine* 1981; 15 D (2): 287-293.
- 68- Wilson JL. Mapping the geographical diffusion of a Finnish smallpox epidemic from historical population records. *Professional Geographer* 1993; 45 (13): 276-286.
- 69- Loytonen M, Arbona SI. Forecasting the AIDS epidemic in Puerto Rico. *Social Science and Medicine* 1996; 42 (7): 997-1010.
- 70- Rushton G, Lolonis P. Exploratory spatial analysis of birth defect rates in an urban population. *Statistics in Medicine* 1996; 15 (7/9): 717-726.
- 71- Gatrell AC, Bailey TC. Interactive spatial data analysis in medical geography. *Social Science and Medicine* 1996; 42 (6): 843-855.
- 72- Mayer JD. The role of spatial analysis and geographic data in the detection of disease causation. *Social Science and Medicine* 1983; 17 (16): 1213-1221.
- 73- King PE. Problems of spatial analysis in geographical epidemiology. *Social Science and Medicine* 1979; 13D (4): 249-252.
- 74- Stimson RJ. Research design and methodological problems in the geography of health. In: McGlashan ND, Blunden JR, eds. *Geographical Aspects of Health: Essays in Honour of Andrew Learmonth*. London: Academic Press; 1983: 321-334.
- 75- Haggett P. Hybridizing alternative models of an epidemic diffusion process. *Economic Geography* 1976; 52: 136-146.
- 76- Greenwald P, Rose JS, Daitch PB. Acquaintance networks among leukemia and lymphoma patients. *American Journal of Epidemiology* 1979; 110 (2): 162-177.
- 77- Schneider D, Greenberg MR, Donaldson MH, Choi D. Cancer clusters: The importance of monitoring multiple geographic scales. *Social Science and Medicine* 1993; 37 (6): 753-759.
- 78- Waller LA, Turnbull BW. The effects of scale on tests for disease clustering. *Statistics in Medicine* 1993; 12 (19/20): 1869-1884.
- 79- Cleek RK. Cancers and the environment: The effect of scale. *Social Science and Medicine* 1979; 13D (4): 241-247.
- 80- Meade M. Cardiovascular disease in Savannah, Georgia. In: McGlashan ND, Blunden JR, eds. *Geographical Aspects of Health: Essays in Honour of Andrew Learmonth*. London: Academic Press; 1983: 175-196.
- 81- Angulo JJ, Takiguti CK, Pederneras CA, Carvalho-de-Souza AM, Oliveira-de-Souza MC, Megale P. Identification of pattern and process in the spread of a contagious disease. *Social Science and Medicine* 1979; 13D: 183-189.

## Developed Approaches of Remote Sensing and GISciences in Health System (Part I: A Literature Review)

Darvishi Bolorani A<sup>1\*</sup> (PhD), Rashidian A<sup>2</sup> (MD, PhD), Jokar Arsanjani J<sup>3</sup> (PhD), Shaygan M<sup>4</sup> (MSc)

<sup>1</sup> Department of Cartography, Faculty of Geography and UT-RGC, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Health Management and Economics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences; Knowledge Utilization Research Center, Tehran University of Medical Sciences;

National Institute of Health Research, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Department of Geoinformatic, Faculty of Geography, University of Heidelberg, Germany

<sup>4</sup> Department of GIS Engineering, Faculty of Geomatics Engineering,

Khaje Nasir Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Received: 11 Jan 2012, Accepted: 22 Jun 2012

### Abstract

This article reviews how geospatial analysis capabilities, remote sensing techniques, as well as geographical information system approaches could be applicable in individuals' and environment's health observation. The investigation of spatial factors related to individuals' health has been the most important aspect of efforts to identify and control environmental factors. Spatial analysis and geographical information could benefit researches in a variety of ways in this field. This article considers the carried out studies worldwide on integration of remote sensing, GIS with health and diseases related notions, i.e. medical geography. GIS, as a central core of location-based disasters, can play a significant role in discovering the influence of location on inception, existence, and distribution of diseases and infections. This article aims to introduce geospatial techniques and space-based information to researchers who study and monitor health systems, e.g., epidemiologists, demographers and geographers. Thanks to the information technology advancements, GI Systems ease and facilitate temporal, geospatial analysis through data mining, data visualization, and crowd sourcing. More importantly, geospatial techniques provide more precise and valuable information at lower prices and time. Involving location and time into some studies on health system will certainly inspire new visions and creativities to explore influential variables on diseases inception and dissemination, which is very beneficial in controlling and isolating diseases, patients, and environmental impacts.

**Keywords:** health system, geoinformatic sciences, remote sensing, GIS and spatial analysis

---

### Please cite this article as follows:

Darvishi Bolorani A, Rashidian A, Jokar Arsanjani J, Shaygan M. Developed Approaches of Remote Sensing and GISciences in Health System (Part I: A Literature Review). Hakim Research Journal 2012; 15(2): 87- 100.

---

---

\*Corresponding author: Dept. of Cartography, Faculty of Geography and UT-RGC, University of Tehran. Tel: +98- 21- 61113520. E-mail: [ali.darvishi@gmail.com](mailto:ali.darvishi@gmail.com); [ali.darvishi@ut.ac.ir](mailto:ali.darvishi@ut.ac.ir)