

تحلیل فضایی میزان بروز سرطان گوارش در ایران با استفاده از روش کریگیدن پواسنی

نعیمه‌السادات اثماریان^{†*}، امیر کاوسی[†] و مسعود صالحی[‡]

[†] دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

[‡] دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده: پهنه‌بندی میزان رویداد یک بیماری یا مرگ و میر ناشی از بیماری‌های مختلف بر روی نقشه‌ی جغرافیایی با روش‌های زمین‌آماری یکی از موضوعات مورد علاقه‌ی متخصصان آماری و برنامه‌ریزان امور بهداشتی به‌ویژه اپیدمیولوژیست‌هاست. اغلب با فرض استقلال بین نواحی با استفاده از روش‌های کلاسیک این میزان‌ها برآورد می‌شوند. اما این فرض در مطالعات محیطی به‌ویژه متغیرهای بهداشتی برقرار نیست و نواحی همسایه و نزدیک به هم، مشابه و نوعی همبستگی فضایی ناشی از فاصله بین نقاط دارند. در این مقاله با استفاده از روش کریگیدن پواسنی که روشی کاربردی در تحلیل داده‌های فضایی با در نظر گرفتن این نوع همبستگی می‌باشد، اقدام به برآورد میزان بروز سرطان گوارش در ایران در سطح ۳۳۶ شهرستان شده است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل کلیه‌ی داده‌های ثبت‌شده توسط اداره‌ی سرطان مرکز مدیریت بیماری‌های غیر واگیر وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی ایران در سطح کلیه‌ی شهرستان‌ها در طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶ می‌باشد.

واژگان کلیدی: پهنه‌بندی بیماری؛ همبستگی فضایی؛ کریگیدن پواسنی؛ تغییرنگار؛ سرطان گوارش.

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۱۳، پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۸.

۱- مقدمه

هم‌زمان با رشد روزافزون اطلاعات پیرامون بیماری‌ها و مرگ و میر، روش‌های متناسب برای تحلیل این نوع داده‌ها که پاسخگوی نیازهای مختلف باشد نیز رو به گسترش است. یکی از این روش‌ها، پهنه‌بندی بیماری یا مرگ و میر است که توزیع جغرافیایی بیماری‌ها یا مرگ را در کنار دیگر عوامل خطر در نظر می‌گیرد. پهنه‌بندی بیماری یا مرگ و میر به مجموعه‌ای از روش‌های آماری اطلاق می‌شود که هدف آن‌ها به‌دست آوردن برآوردهایی دقیق از میزان‌های بروز یا شیوع بیماری‌ها یا مرگ و میر و تنظیم آن‌ها در قالب نقشه‌های جغرافیایی می‌باشد [۱۳].

امروزه پهنه‌بندی و برآورد خطر بیماری‌ها مورد توجه فعالان و برنامه‌ریزان عرصه‌ی سلامت جامعه می‌باشد چرا که توزیع جغرافیایی میزان‌های بروز، شیوع و مرگ و میر نقش مهمی در تشخیص عوامل خطر و پیش‌گیری از آن‌ها را بازی می‌کند. تحلیل جغرافیایی میزان‌های بیماری علاوه بر فرمول‌بندی و ارزیابی فرضیات سبب‌شناختی و اعمال مداخله در مناطقی که نیازمند توجه خاص هستند می‌تواند نقش مهمی در زمینه‌ی تخصیص منابع، امکانات و نیروی انسانی ایفا نماید [۹].

در سالیان اخیر تلاش‌های فراوانی برای نقشه‌بندی بروز و مرگ و میر بیماری‌هایی مانند سرطان صورت گرفته است. زیرا سرطان یک مسئله‌ی اصلی سلامت عمومی در علم بهداشت است. علی‌رغم تلاش‌های زیادی که برای کاهش مرگ و میر ناشی از سرطان در سال‌های اخیر شده است، هنوز انواع سرطان دومین علت مرگ و میر در دنیا به حساب می‌آید [۲]. سرطان گوارش یکی از سرطان‌های مهم با شیوع بالای ۵۰٪ در کشور ایران است، که پزشکان معتقدند عوامل محیطی و زیستی در بروز آن دخالت دارد [۷].

در این پژوهش دنبال به کارگیری روش‌های آمار فضایی در تهیه نقشه‌ی با دقت بالا از بیماری‌ها هستیم و به‌طور خاص روش کریگیدن پواسنی نوعی درونیاب فضایی، که از کاراترین روش‌های زمین‌آماريست را به کار می‌بریم. لازم به توضیح است که روش کریگیدن مانند کریگیدن معمولی که مقدم‌تر از روش کریگیدن پواسنی است، برای تحلیل داده‌های زمین‌آماري (داده‌هایی که امکان تحقق و اندازه‌گیری آن‌ها در هر نقطه از منطقه‌ی مورد مطالعه وجود دارد) ارایه شده است و به‌طور وسیع مورد اقبال و کاربرد رشته‌های هواشناسی، زمین‌شناسی و معدن قرار گرفته است، اما قابل کاربرد روی داده‌های پزشکی

به‌ویژه داده‌های سلامت و بهداشت نیست، زیرا داده‌های بهداشت و سلامت مثل داده‌های سرطان، شمارشی و از نوع گسسته هستند. بنا بر این روش کریگیدن مانند کریگیدن معمولی برای توزیع داده‌های گسسته مناسب نیست. راه حل این است که باید برآوردها را تغییرنگار و الگوریتم کریگیدن به کار برده شود که با ذات داده‌های شمارشی با توزیع گسسته (پواسن و دو جمله‌ای) سازگار باشند [۲].

از پیشگامان تحلیل داده‌هایی که غالباً شمارشی با توزیع گسسته هستند می‌توان کایسر و همکارانش را نام برد که برای تحلیل فضایی داده‌های دارای توزیع پواسن، توزیع پواسن فضایی را معرفی نمودند [۸]. الیور و همکارانش، کوکریگیدن دو جمله‌ای را برای تهیه‌ی پهنه‌بندی خطر سرطان کودکان در غرب انگلیس به کار بردند [۱۲]. همچنین مونستیز و همکارانش کوشش کردند کریگیدن پواسنی را برای مدل‌سازی مشاهدات ناهمگن فضایی توسعه دهند [۱۰] و [۱۱]. روش به کار رفته توسط مونستیز و همکارانش مشابه روش کوکریگیدن دو جمله‌ای پیشنهاد شده الیور و همکارانش بود، تنها تفاوتش این بود که از توزیع پواسن برای داده‌های قابل شمارش سرطان به جای دو جمله‌ای استفاده می‌شد. ابتدا گاورتس این روش را با فرض این‌که تمام واحدهای جغرافیایی اندازه‌ی یکسان دارند انجام داد ولی بعد این روش را به ناهمگنی فضایی تعمیم داد. گاورتس و همکارانش نیز مقالات زیادی در این زمینه نوشته و به بررسی انواع سرطان در کشورهای مختلف پرداخته‌اند [۱-۵]. از جمله، مقاله‌ای قابل توجه با عنوان مقایسه‌ی دو روش کریگیدن پواسنی و بیز کامل برای پهنه‌بندی میزان بیماری (۲۰۰۸) منتشر کردند [۴]، که این دو روش را در دو ایالت متفاوت (ایالتی در هند با ۹۲ شهرستان که واحدهای جغرافیایی دارای شکل و اندازه‌ی یکسان و دیگری ایالتی در غرب آمریکا با ۱۱۸ شهرستان که واحدها کاملاً ناهمگنی فضایی داشتند) انجام دادند و نتایج را مقایسه کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند، در موقعیت‌هایی که واحدهای جغرافیایی از نظر الگوی فضایی و اندازه‌ی جمعیتی یکسان هستند روش بیز کامل با روش کریگیدن پواسنی تفاوت چندانی ندارد، ولی در نواحی که واحدها از نظر اندازه و الگوی فضایی متفاوت‌اند روش کریگیدن پواسنی به دلیل این‌که به آسانی توزیع فضایی جمعیت (ناهمگنی در شکل و اندازه‌ی واحد جغرافیایی) در معرض خطر را در برآورد لحاظ می‌کند از دقت خوبی برخوردار است و هموارسازی کم‌تری نسبت به روش بیزی اعمال می‌کند. از مزیت‌های دیگر این روش نسبت به روش بیزی این است که تفسیر روش کریگیدن پواسنی برای غیر آماری‌ها ساده‌تر و برای برآورد

پارامترها احتیاج به روش تکراری مانند MCMC ندارد و به همین ترتیب از سرعت بیش‌تری برخوردار است [۲].

۲- روش کریگیدن پواسنی

به منظور به کارگیری روش کریگیدن پواسنی نقشه به N تعداد از واحدهای جغرافیایی (شهرستان) v_α تقسیم می‌شود. میزان سرطان در هر واحد جغرافیایی با $z(v_\alpha) = \frac{d(v_\alpha)}{n(v_\alpha)}$ نشان داده می‌شود که در آن $d(v_\alpha)$ تعداد موارد بیماری و $n(v_\alpha)$ تعداد افراد در معرض خطر می‌باشد. هر میزان اندازه‌گیری شده به مرکز جغرافیایی آن واحد با مختصات $u_\alpha = (x_\alpha, y_\alpha)$ (طول و عرض جغرافیایی مرکز منطقه) نسبت داده می‌شود. $d(v_\alpha)$ به‌عنوان مفهومی از متغیر تصادفی $D(v_\alpha)$ نشان داده می‌شود. چون این متغیر یک متغیر شمارشی و نادر است، بنا بر این توزیع $D(v_\alpha)$ را می‌توان توزیع پواسن با پارامتر $\theta = n(v_\alpha) \times r(v_\alpha)$ در نظر گرفت که در آن $n(v_\alpha)$ تعداد افراد در معرض خطر و $r(v_\alpha)$ خطر سرطان در ناحیه‌ی v_α است، که به‌صورت ترکیب خطی

$$\hat{r}_{pk}(u_\alpha) = \sum_{i=1}^k \lambda_i(u_\alpha) z(u_i)$$

برآورد می‌شود. در این معادله k تعداد همسایه‌های واحد مورد نظر است و $\lambda_i(u_\alpha)$ وزنی است که به میزان $z(u_i)$ هنگام برآورد خطر در نقطه‌ی u_α اختصاص داده می‌شود. بنابراین برای حل معادله‌ی بالا k تا وزن احتیاج داریم که توسط حل دستگاه زیر معروف به سیستم کریگیدن پواسنی به دست می‌آیند

$$\sum_{j=1}^k \lambda_j(u_\alpha) \left[C(u_i - u_j) + \delta_{ij} \frac{m^*}{n(u_i)} \right] + \mu(u_\alpha) = C(u_i - u_\alpha)$$

$$i = 1, \dots, k$$

$$\sum_{j=1}^k \lambda_j(u_\alpha) = 1$$

در دستگاه کریگیدن پواسنی $\delta_{ij} = 1$ است اگر $u_i = u_j$ باشد، در غیر این صورت صفر در نظر گرفته می‌شود و m^* میانگین جمعیت - وزنی N میزان است و $\frac{m^*}{n(u_i)}$ که به جمله‌ی واریانس خطا معروف است، منجر به اختصاص وزن کم‌تر به جمعیت‌های کم می‌شود. در این دستگاه معادله $\mu(v_\alpha)$ ضریب لاگرانژ است که از کمینه کردن واریانس برآورد با قید شرط ناریبی برآوردگر یعنی $\sum_{j=1}^k \lambda_j(u_\alpha) = 1$ ایجاد می‌شود. برای حل

دستگاه لازم است همبستگی فضایی بین دو واحد جغرافیایی i و j در معادله تغییرنگار بررسی شود. تغییرنگار در عمل نامعلوم است و لازم است بر اساس مشاهدات برآورد شود، برآورد تجربی آن به صورت

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{\sum_{\alpha=1}^{N(h)} \frac{n(v_{\alpha})}{n(v_{\alpha})}} \times \sum_{\alpha=1}^{N(h)} \left\{ \frac{n(v_{\alpha})}{n(v_{\alpha})} \right\}$$

است که به آن تغییرنگار تجربی گویند که در آن $N(h)$ تعداد جفت مناطقی است که در فاصله h از هم قرار گرفته‌اند. در روش کریگیدن پواسنی برای هر خطر برآورد شده‌ی واریانس آن نیز به صورت

$$\sigma_{pk}^2(u_{\alpha}) = C(u_{\alpha} - u_{\alpha}) - \sum_{i=1}^k \lambda_i(u_{\alpha})C(u_i - u_{\alpha}) - \mu(u_{\alpha})$$

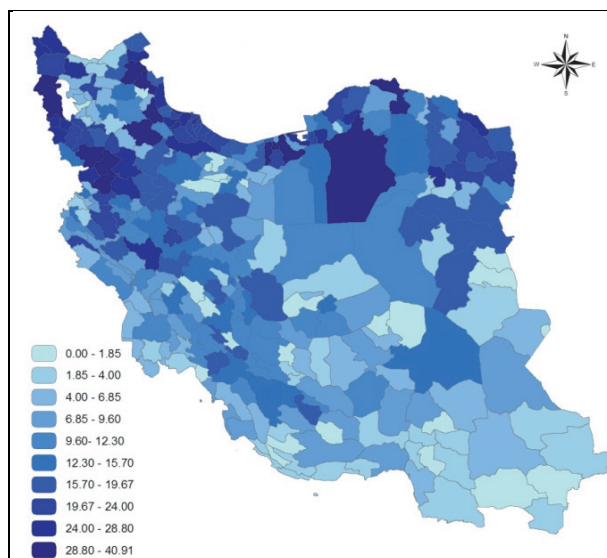
برآورد می‌شود [۲] و [۴].

۳- تحلیل داده‌های سرطان

در این تحقیق از داده‌های ثبت شده توسط اداره‌ی سرطان مرکز مدیریت بیماری‌های غیر واگیر وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی در کل کشور در سطح ۳۳۶ شهرستان از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶ استفاده می‌شود. این تحقیق از نوع کاربردی و بوم‌شناسی است. واحد جغرافیایی در این پژوهش شهرستان است و برای یک منطقه‌ی معین v میزان مشاهده‌شده‌ی بروز سرطان به ازای 100000 شخص - سال در طول ۵ سال به صورت

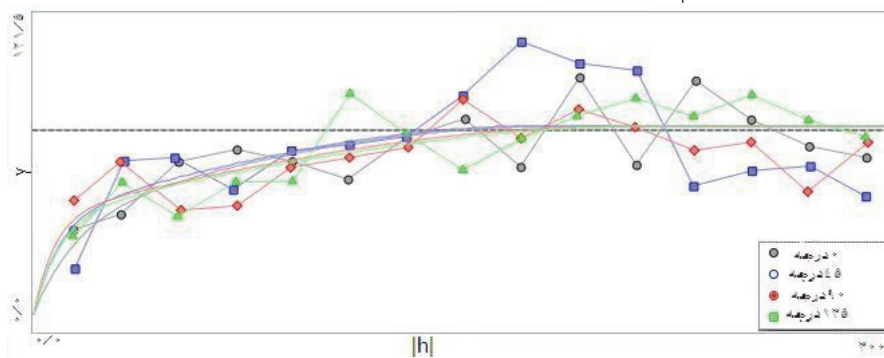
$$z_{\alpha}(v) = 100000 \times \frac{d(v)}{\delta \times N(v)}$$

محاسبه شده است که در آن $d(v)$ تعداد موارد بروز سرطان روی دوره‌ی ۵ ساله و $N(v)$ جمعیت در معرض خطر منطقه‌ی معین v در سال ۱۳۸۵ می‌باشد [۳]. میزان سرطان گوارش بر اساس این معادله در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱- نقشه‌ی پهنه‌بندی میزان خام سرطان‌گوارش در ایران (روش کلاسیک)

در این تحقیق برای بررسی همسانگردی و انتخاب مدل تغییرنگار نظری مناسب، تغییرنگار تجربی میزان بروز سرطان‌گوارش را در چهار جهت جغرافیایی 0° ، 45° ، 90° و 135° درجه به صورت شکل ۲ رسم گردید.



شکل ۲- رسم تغییرنگار تجربی در چهار جهت جغرافیایی به همراه مدل تغییرنگار انتخاب شده

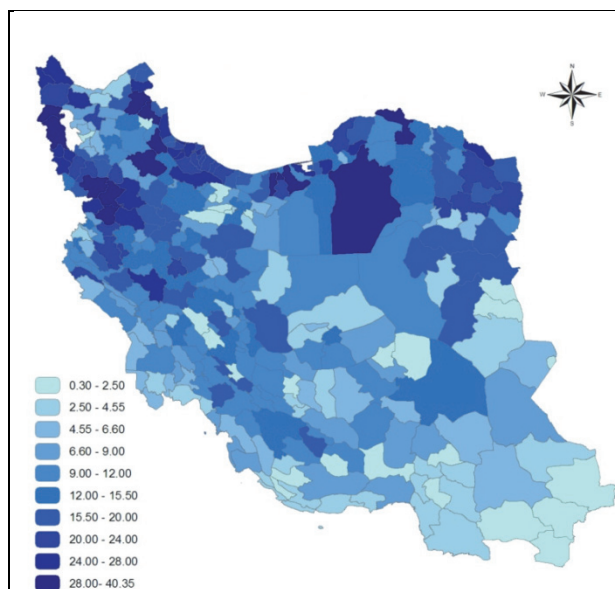
با توجه به این که تغییرنگار تقریباً در تمامی جهات یکسان هستند، توسط برنامه‌ی Spacestat از میان مدل‌های نظری تغییرنگار بر اساس ملاک حداقل مجموع مربعات وزنی

$$WSS = \sum_{l=1}^L w(h_l) [\gamma_e(h_l) - \gamma_m(h_l)]^2$$

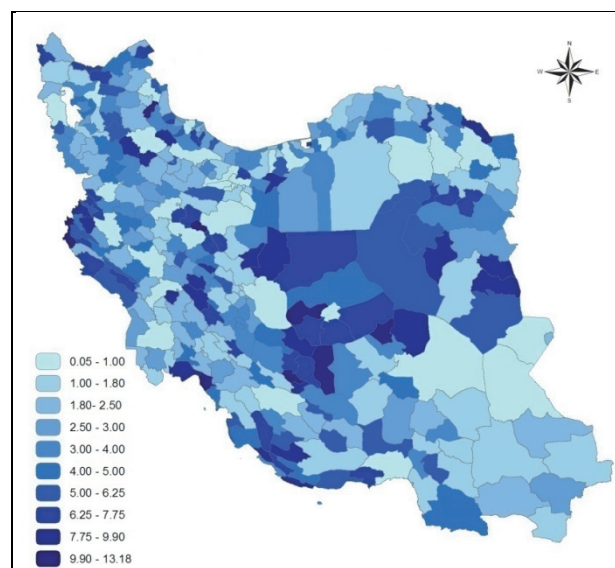
استفاده شد و با اختصاص وزن $w(h_l) = \sqrt{N(h_l)} / \gamma_m(h_l)$ مدل کروی با ازاره $33/410$ ، مینیم دامنه‌ی $171/16$ کیلومتر و ماکسیم دامنه‌ی $219/60$ کیلومتر برای برازش انتخاب شد. در فرمول مجموع مربعات وزنی عبارت $\gamma_e(h_l)$ تغییرنگار تجربی و $\gamma_m(h_l)$ تغییرنگار مدل فرضی (نظری) و L تعداد فواصل مورد استفاده در محاسبه‌ی تغییرنگار می‌باشد و $w(h_l)$ تابع وزنی است $L = 15$ برای برازش مدل تغییرنگار بر اساس ملاک حداقل مجموع مربعات در نظر گرفته شد.

برآوردهای میزان سرطان گوارش به روش کریگیدن پواسنی با استفاده از نرم‌افزار Spacestat استخراج و پهنه‌بندی آن‌ها روی نقشه‌ی ایران با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.3 ایجاد شده است. در واقع این میزان چون با فرض استقلال بین نواحی و بدون لحاظ همبستگی فضایی به دست آمده است از دقت پایین‌تری نسبت به برآورد فضایی برخوردار است. پهنه‌بندی برآورد میزان سرطان گوارش بر اساس معادله‌ی کریگیدن پواسنی برای تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه‌ی روی نقشه‌ی ایران در شکل ۳ ارائه شده است. همان‌طور که از این شکل دیده می‌شود مناطق شمالی از میزان سرطان گوارش بالاتری نسبت به نواحی جنوبی به‌ویژه جنوب شرقی برخوردارند.

برای بررسی میزان دقت برآوردها، پهنه‌بندی واریانس برآوردها (میزان دقت) در شکل ۴ ارائه شده است. همان‌طور که این شکل نشان می‌دهد دقت برآوردها در نواحی کویری ایران از سایر نقاط از دقت کم‌تری برخوردارند که دلیل این امر را می‌توان در فقر اطلاعات این مناطق و تعداد نمونه‌ی کم دانست. زیرا در این مناطق به‌دلیل کم بودن مراکز درمانی و دوری مسافت این مراکز از محل زندگی مردم، عملاً دسترسی به این مراکز راحت نیست بنا بر این می‌توان نتیجه گرفت، آمار ثبت‌شده‌ی این مناطق از مقدار واقعی باید کم‌تر باشد.



شکل ۳- نقشه‌ی پهنه‌بندی برآورد میزان سرطان گوارش در ایران به روش کریگیدن پواسنی (روش فضایی)



شکل ۴- نقشه‌ی پهنه‌بندی برآورد واریانس سرطان گوارش در ایران به روش کریگیدن پواسنی

۵- یافته‌ها

میانگین میزان بروز با روش کریگیدن پواسنی (۱۲/۶۴) و میانگین واریانس میزان بروز با روش کریگیدن پواسنی (۳/۸۵) برآورد شده است. بیشترین میزان بروز با روش کریگیدن پواسنی (۴۰/۳۵) و واریانس (۰/۷۹) مربوط به شهرستان ساری و کمترین میزان بروز (۰/۳۰) با واریانس (۲/۵۴) مربوط به شهرستان سرباز برآورد شده‌اند. کمترین واریانس با روش کریگیدن پواسنی (۰/۰۵) مربوط به تهران و بیشترین واریانس (۱۳/۱۸) مربوط به آشتیان برآورد شده‌اند.

بیشترین میزان بروز با روش کریگیدن پواسنی بالاتر از ۳۰ مربوط به شهرستان‌های ارومیه، سلماس، سنندج، بجنورد، دیواندره، اردبیل، زنجان، سقز، شاهرود، بابل، قائم‌شهر و ساری و کمترین میزان بروز زیر ۱/۵۰ مربوط به شهرستان‌های سرباز، رباط‌کریم، عنبرآباد، منوجان، پاکدشت، نیر، نیک‌شهر، زهک، خنج، زرننده برآورد شده‌اند.

بیشترین واریانس میزان بروز با روش کریگیدن پواسنی (بالاتر از ۱۰) مربوط به شهرستان‌های سعادت‌شهر، خاتم، کوثر، دیلم، قصر شیرین، کوهبنان و آشتیان و کمترین واریانس میزان بروز (کمتر از ۰/۵۰) مربوط به شهرستان‌های رشت، ارومیه، کرمانشاه، قم، شهریار، اهواز، تبریز، شیراز، کرج، اصفهان، مشهد و تهران برآورد شده‌اند.

در روش کریگیدن پواسنی برآورد پارامترها، به دلیل این که همبستگی فضایی و ساختار فضایی را در نظر می‌گیرد، دارای دامنه‌ی واریانس کمتری می‌باشند. ذکر این نکته لازم است که واریانس در روش کریگیدن پواسنی در مناطق با جمعیت کم و پراکندگی زیاد افزایش می‌یابد که این ویژگی نیز از مزیت‌های جالب روش کریگیدن پواسنی در افزایش دقت برآورد پارامترهاست. به دلیل تعداد زیاد شهرستان سعی شده که بیش‌تر یافته‌ها در شکل پهنه‌بندی نمایش داده شود. رنگ‌های روشن روی نقشه‌ها نشان‌دهنده‌ی مناطق با میزان کم بیماری می‌باشد و هرچه رنگ‌ها تیره‌تر می‌شوند حاکی از افزایش میزان بیماری است.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به این که تعداد سرطان گوارش یک متغیر نادر است و از طرفی نقشه‌ی جغرافیایی تقسیم‌بندی شهرستان‌های ایران غالباً شکل نامنظم دارند، روش کریگیدن

پواسنی نسبت به سایر مدل‌ها مناسب‌تر و از نتایج بهتری برخوردار است. یکی از ویژگی‌های دیگر این مدل و سایر مدل‌های فضایی نسبت به مدل‌های کلاسیک این است که اگر یک ناحیه دارای تعداد بیماری مشاهده‌شده‌ی صفر باشد در روش کلاسیک میزان بیماری آن منطقه صفر برآورد می‌شود در صورتی که در روش کریگیدن پواسنی برآوردی هموار با استفاده از مناطق همسایه برای چنین ناحیه‌ای بدست می‌آید.

نتایج نشان می‌دهند مناطق شمال و شمال غربی ایران (به‌ویژه استان‌های گلستان، مازندران و اردبیل) دارای میزان بروز سرطان گوارش بیش‌تری نسبت به مناطق کویری و جنوبی (به‌ویژه استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان) است، که این نتایج را باید در عوامل بروز سرطان در این مناطق جستجو کرد. متخصصان علوم بهداشت علت بروز سرطان گوارش را فرهنگ غذایی و استفاده از غذاهای ادویه‌دار، کنسروی، سیر و ترشیجات، مصرف طولانی مدت غذاهای نمک‌زده، دودی و خشک‌شده که حاوی مقادیر زیادی نیترات و همگی محرک دستگاه گوارش هستند، می‌دانند که این عوامل در مناطق شمالی ایران بیش‌تر از سایر نواحی گزارش شده‌اند. برعکس در مناطق جنوب به‌دلیل مصرف خرما که یکی از مواد سرشار از آنتی‌اکسیدان است و می‌تواند در پیشگیری از سرطان گوارش مؤثر واقع شود مردم این منطقه کم‌تر به این بیماری مبتلا می‌شوند [۶]. البته برای بررسی دقیق این موضوع و سایر عوامل دخیل در بروز سرطان گوارش و نوع الگوی بدست‌آمده در پراکندگی سرطان گوارش در ایران در این تحقیق متخصصان امر باید نظر بدهند.

مرجع‌ها

- [1] Ali, M., Goovarts, P., Nazia, N., Haq, M.Z., Yunus, M. and Emch, M. (2006). Application of Poisson Kriging to the Mapping of Chlera and Dysentery Incidence in an Endemic Area of Bangladesh. *International Journal of Health Geographics*, 5, 45.
- [2] Goovaerts, P. (2010). Geostatistical analysis of county-level lung cancer mortality rates in the southeastern United States. *Geostatistical Analysis*, 42, 32-52.

- [3] Goovaerts, P. (2005). Geostatistical analysis of disease data: Estimation of Cancer Mortality Risk from Empirical Frequencies Using Poisson Kriging. *International Journal of Health Geographics* **4**, 31.
- [4] Goovaerts, P., and Gebreab, S. (2008). How does Poisson Kriging Compare to the Popular BYM Model for Mapping Disease Risks? *International Journal of Health Geographics*, **7**, 6.
- [5] Goovaerts, P. Medical Geography, (2009). A Promising Field of Application for Geostatistics. *Mathematical Geosciences* **41**, 243-64.
- [6] Gastrointestinal cancer. Available at [http:// www.salamatnews.com/viewNews.aspx](http://www.salamatnews.com/viewNews.aspx). Accessed May 2012.
- [7] Iran Cancer Registry Report (2009). Provincial report, Islamic Republic of Iran-2007. Ministry of Health and Medical Education, Deputy for Health. Center for Diseases Control & Management. Tehran.
- [8] Kaiser, M.S. and Cressie, N. (1997). Modeling Poisson variables with positive spatial dependence. *Statistical & Probability Letters*, **35**, 423-432.
- [9] Lawson, A.B., Biggeri, A.B., Boehning, D., Lesaffre, E., Viel, J.F., Clark, A. and Schlattmann, P. (2000). Disease mapping models: an empirical evaluation. *Statistics in Medicine*, **19**, 2217-2241.
- [10] Monesties, P., Dubroca, L. and Bonin, E. (2004). Comparison of model based geostatistical methods in ecology: application to fin whales spatial distribution in northwestern Mediterranean Sea, *Geostatistics Banff*, **2**, 777-786.
- [11] Monesties, P., Dubroca, L. and Bonin, E. (2006). Geostatistical modeling of spatial distribution of *Balaenoptera physalus* in the northwestern Mediterranean Sea from sparse count data and heterogeneous observation efforts, *Ecological Modeling*, **193**, 615-628.

- [12] Oliver, M.A., Webster, R., Lajaunie, C. and Muir, K.R. (1998). Binomial Cokringing for estimating and mapping the risk of childhood cancer, *IMA Journal of Mathematics Applied in Medicine and Biology*, **15**, 279-297.
- [13] Rao, J.N.K. (2003). *Small Area Estimation*. Wiley & Sons, New Jersey.

نعیمه السادات اثماریان

فوق لیسانس آمار

تهران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکدهی پیراپزشکی، گروه آمار زیستی.

رایانشانی: ns.asmarian@gmail.com

امیر کاوسی

دکتری آمار

تهران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکدهی سلامت، ایمنی و محیط زیست، گروه علوم پایه.

رایانشانی: kavousi_am@yahoo.com

مسعود صالحی

دکتری آمار

تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکدهی مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی، گروه آمار و ریاضی.

رایانشانی: salehi74@yahoo.com