

پهنه‌بندی خطر ایست قلبی در چارچوب سیستم‌های اطلاعات مکانی و الگوریتم‌های فرا ابتکاری بر مبنای اطلاعات زمینه‌ای

ندا کفاش چرندابی*^۱، علی اصغر آل شیخ^۲

^۱ دانشجوی دکتری سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
n_kaffash@yahoo.com

^۲ استاد گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
alesheikh@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت آبان ۱۳۹۳، تاریخ تصویب دی ۱۳۹۳)

چکیده

ایست قلبی حالتی است که ضریان قلب کاملاً از بین می‌رود و خون توسط قلب پمپاژ نمی‌گردد. علیرغم اینکه اکثر موارد ایست قلبی از خانه‌ها یا بیمارستان‌ها گزارش می‌شود، در حدود ۲۰ درصد از موارد ایست قلبی در خیابان‌ها و اماکن عمومی رخ می‌دهد، همچنین به دلیل تردد بیماران قلبی در محیط شهر، بررسی احتمال بروز این بیماری در مقیاس منطقه‌ای و شهری ضروری به نظر می‌رسد. در بروز ایست قلبی عوامل مختلفی تاثیر گذار می‌باشند. این عوامل شامل اطلاعات زمینه‌ای^۱ محیطی، علایق شخصی و اطلاعات شخص بیمار هستند. با توجه به اینکه در تهیه نقشه خطر وقوع ایست قلبی عوامل مکانی مؤثر می‌باشند، استفاده از سیستم اطلاعات مکانی^۲ برای آماده‌سازی معیارهای دخیل در مدل‌سازی و تحلیل‌های مکانی لازم می‌باشد. لیکن به دلیل حجم بالای لایه‌های مورد نیاز، جهت تحلیل دقیق و کارآمد اطلاعات زمینه‌ای مکانی بهره‌گیری از روش‌های توانمند نظیر الگوریتم‌های بهینه‌سازی پیشنهاد شده است. در این تحقیق اطلاعات زمینه‌ای بکار رفته شامل اطلاعات زمینه‌ای محیطی (کاربری اراضی، فاصله از بیمارستان‌ها، ارتفاع منطقه، وضعیت اقتصادی و موارد گزارش شده ایست قلبی) و اطلاعات پروفایل شخص (سن، وضعیت بیماری و سیگاری بودن یا نبودن شخص) بوده است. برای بررسی منطقه مطالعاتی و تعیین اماکن پرخطر در بروز ایست قلبی از الگوریتم‌های هوش جمعی شامل PSO و ACO استفاده شد. دلیل این انتخاب سادگی الگوریتم این روش‌ها، انطباق بیشتر با مسائل دنیای واقعی، مدل‌سازی بهتر نقص و نایقینی موجود در دانش تصمیم‌گیر و ارائه جواب در زمان بهینه بوده است. به دلیل عدم وجود داده‌های مورد نیاز در داخل کشور، مدل پیشنهادی بطور نمونه برای اماکن عمومی پیتربورگ ایالت پنسیلوانیا اجرا گردید. نتایج تحقیق موید تاثیر فراوان اطلاعات زمینه‌ای شخص در بروز ایست قلبی می‌باشد، تا جایی که منجر به تغییر ۹۸ درصدی در کلاس‌های نقشه‌های خروجی می‌گردد.

واژگان کلیدی: پهنه بندی، اطلاعات زمینه‌ای، ایست قلبی، الگوریتم‌های هوش جمعی

*نویسنده رابط

^۱ Context Information

^۲ Geospatial Information System (GIS)

۱- مقدمه

مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر ثابت کرده‌اند که انجام عملیات احیاء بلافاصله بعد از ایست قلبی تنفسی منجر به نجات جان بیماران می‌شود. در تمامی این موارد، ثانیه‌ها می‌توانند شکل دهنده زندگی یا مرگ بیماران باشند. در صورتی که عملیات احیای قلبی تنفسی بلافاصله پس از ایست قلبی آغاز شود، کارآیی سیستم عصبی و زندگی بیمار حفظ می‌گردد. در نتیجه می‌توان اذعان کرد که انجام به موقع عملیات احیا پس از ایست قلبی منجر به اهدا زندگی دوباره و نجات جان عده زیادی از مردم می‌شود. یکی از ضروریات جهت انجام به موقع عملیات احیا، داشتن شناخت کافی از منطقه است، بنابراین تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر بروز ایست قلبی بسیار پر اهمیت می‌باشد [۱،۲،۳،۴].

در تحقیقات گوناگون میزان موفقیت عملیات احیا و عوامل موثر بر آن در داخل مراکز درمانی و بیمارستان‌ها مورد بررسی قرار گرفته است [۱،۲،۵،۶]. همچنین وجود تسهیلات احیاء در منزل و بیمارستان‌ها و تأثیر آن در آنالیز هزینه و سود در برخی از مطالعات مورد توجه قرار گرفته است [۷]. حال آنکه تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر بروز ایست قلبی در اماکن عمومی در مطالعات اندکی نظیر بررسی توزیع جغرافیایی موارد گزارش شده ایست قلبی [۸] و مطالعه ارتباط وجود تسهیلات احیاء در اماکن عمومی و کاهش تعداد مرگ و میر ناشی از آن [۹] مورد توجه بوده است. در اندک مطالعات انجام گرفته در این مورد، به اطلاعات زمینه‌ای بیمار توجهی نشده است. به بیان ساده‌تر برای کلیه افراد در هر سطحی از بیماری و هر سنی احتمال خطر بروز ایست قلبی برابر فرض شده است. حال آنکه چنین فرضی صحیح نیست و خطر بروز ایست قلبی بسته به شرایط و ویژگی‌های بیمار و همچنین عوامل جغرافیایی، اجتماعی و اقتصادی تغییر می‌کند.

از جمله مهمترین فاکتورهای مؤثر در بروز ایست قلبی می‌توان به اطلاعات زمینه‌ای بیمار شامل سن بیمار، سابقه بیماری، ورزشکار بودن و سیگاری بودن و اطلاعات زمینه‌ای محیطی نظیر کاربری زمین، وضعیت ارتفاعی منطقه، فاصله از بیمارستان‌ها و مراکز درمانی، آلودگی هوا، وضعیت اقتصادی مردم (شاخص فقر) و موارد گزارش شده ایست قلبی برای اماکن عمومی اشاره کرد که در برخی از

تحقیقات بر بعضی از آنها تأکید شده است [۳،۴]. لکن بررسی و ترکیب دقیق این معیارها و به ویژه تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر بروز ایست قلبی با توجه به اطلاعات زمینه‌ای هر بیمار کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

به دلیل وجود اهداف گوناگون در مدل‌سازی خطر این بیماری، مسئله تهیه نقشه خطر ایست قلبی با توجه به اطلاعات زمینه‌ای به یک مسئله نیمه‌ساختاریافته تبدیل می‌گردد که به کمک روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره^۱ قابل حل می‌باشند. با توجه به اینکه اغلب روش‌های MCDM برای تحلیل مسائل تصمیم‌گیری با گزینه‌های محدود مناسب می‌باشند، لذا برای حل مسائل با گزینه‌های فراوان (به خصوص مسائل پیوسته) استفاده از روش‌های بهینه‌سازی پیشنهاد می‌گردد [۱۰،۱۱،۱۲].

الگوریتم‌های بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها^۲ و بهینه‌سازی انبوه ذرات^۳ دو روش پرکاربرد از روش‌های هوش جمعی یا فراابتکاری^۴ می‌باشند. این دو روش بر مبنای رفتار غریزی مورچه‌ها و ذرات (پرنده‌گان) در طبیعت به تحلیل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی می‌پردازند [۱۱،۱۲]. در تحقیقات فراوانی روش‌های ACO و PSO با موفقیت به کار گرفته شده‌اند. به عنوان نمونه در [۱۳] مکانیابی نیروگاه‌های زیست توده با مقایسه‌ی روش‌های PSO، GA^۵، Tabu Search و Simulated Annealing صورت گرفت. در تحقیقات [۱۴،۱۵،۱۶] نیز در روندی مشابه مکانیابی با مقایسه و ارزیابی روش‌های GA، BPSO^۶ و الگوریتم زنبور عسل^۷ انجام شده است. در [۱۷] یک مدل چندهدفه برای مسائل پوشش عوارض خطی^۸ بزرگ مقیاس توسعه داده شده است که به کمک آنالیزهای GIS و الگوریتم ACO با تبدیل مسئله از حالت پیوسته به گسسته صورت گرفته است.

Yapicioglu و همکارانش [۱۸] برای حل مسئله‌ی مکانیابی تسهیلات عمومی از روش BPSO در حالات ترکیبی بهره گرفتند. در [۱۹] نیز بهینه‌سازی خوشه‌بندی فازی به کمک الگوریتم PSO انجام گردید. در تمامی

^۱ Multi Criteria Decision Making (MCDM)

^۲ Ant Colony Optimization (ACO)

^۳ Particle Swarm Optimization (PSO)

^۴ Metaheuristic

^۵ Genetic Algorithm (GA)

^۶ Bi-objective PSO (BPSO)

^۷ Honey Bee Foraging

^۸ Linear Feature Coverage Problem (LFCP)

آتش‌نشانی [۲۲]، شبیه‌سازی جرم (در ترکیب با الگوریتم ژنتیک) [۲۳]، مسیریابی وسایل نقلیه برای بهبود شبکه‌ی حمل و نقل [۲۴] و تکنیک‌های یادگیری ماشین [۲۵] ارائه گردیده‌است.

الگوریتم کلونی مورچه‌ها از هوش جمعی بهره برده و بر این اصل بنا نهاده شده است که تعاملات محلی، محدود و ساده اعضای یک دسته یا جمعیت با محیط، منتهی به یک رفتار جمعی هوشمندانه می‌شود. از مهمترین مزایای هوش جمعی می‌توان به عدم وجود کنترل متمرکز، تعاملات توزیع شده موجودات، سرعت انتقال و کارکرد موازی آنها اشاره نمود [۲۶]. در این الگوریتم مورچه‌ها با جایگذاری فرمون روی مسیرهای مختلف به سایر مورچه‌ها در انتخاب کوتاهترین مسیر کمک می‌کنند. احتمال انتخاب مسیر بین پیکسل $i(x_i, y_i)$ و $j(x_j, y_j)$ توسط مورچه q در الگوریتم ACO از رابطه (۱) حساب می‌شود [۲۰، ۲۶].

$$p_{ij}^q(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{l \in N_i^q} [\tau_{il}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{il}(t)]^\beta} & \text{if } N_i^q \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

که در رابطه (۱) $x=1,2,\dots,x_{max}$ ، $y=1,2,\dots,y_{max}$ ، $\tau_{ij}(t)$ شدت فرمون، t زمان و $\eta_{ij}(t)$ مقدار تابع هزینه بین سلول i و j می‌باشد. α و β پارامترهای کنترلی هستند که به ترتیب وزن شدت فرمون و تابع هزینه را تعیین می‌کنند. N_i^q نیز مجموعه همسایه‌های سلول i ام و مورچه q ام است.

در این تحقیق، به دلیل ماهیت رستری و گسسته فضای جستجوی این تحقیق، مکان مورچه‌ها پس از جابجایی بین سلول i و j به مقدار (ϵ_1, ϵ_2) تصحیح می‌گردد (مطابق شکل ۱). در ادامه اجرای روند الگوریتم، پس از انتخاب مسیر جدید، شدت فرمون مسیر بر مبنای رابطه (۲) به صورت محلی بروز می‌شود. که در رابطه (۲)، $0 < \rho \leq 1$ شدت تبخیر فرمون و τ_0 مقدار اولیه فرمون می‌باشد [۲۰، ۲۶].

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \rho \cdot \tau_0 \quad (2)$$

تحقیقات مذکور بر کارایی روش‌های فراابتکاری در برخورد با مسائل تصمیم‌گیری به ویژه مسائل بهینه‌سازی و مکانیابی تأکید شده است. لذا در مقاله حاضر نیز به دلیل توانمندی روش‌های هوش جمعی در تحلیل مسائل مقارن با معیارهای مختلف و تعداد پیکسل‌های فراوان، از الگوریتم ACO و PSO استفاده شد. لیکن به دلیل ماهیت گسسته و رستری معیارهای مورد مطالعه در این تحقیق، الگوریتم دو روش مذکور تغییر یافت.

در تحقیق حاضر بر آنیم تا ضمن ارائه یک فرآیند ترکیبی از الگوریتم‌های هوش جمعی و GIS در بستری مناسب و کارا به تهیه نقشه خطر بروز ایست قلبی در اماکن عمومی پیتزربورگ ایالت پنسیلوانیا پردازیم. بدین صورت که در چارچوب آنالیزها و ابزارهای GIS نقشه‌های معیار شامل کاربری زمین، فاصله از بیمارستان‌های موجود، وضعیت ارتفاعی منطقه، شاخص فقر و موارد گزارش شده ایست قلبی برای اماکن عمومی آماده شدند. سپس به کمک مقایسه‌ی الگوریتم‌های ACO و PSO (با تبدیل از حالت پیوسته به حالت رستری و گسسته) نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر بروز ایست قلبی تهیه شد. پس از مقایسه نتایج دو روش مذکور با داده‌های واقعی بروز ایست قلبی در سطح منطقه، نقشه بهینه که خروجی حاصل از روش PSO بود، انتخاب گردید. سپس با واردسازی اطلاعات زمینه‌ای بیماران، بطور نمونه برای ۸ بیمار نقشه خطر ایست قلبی بر مبنای اطلاعات زمینه‌ای شخصی تهیه گردید که این امر در تحقیقات پیشین مورد توجه قرار نگرفته است.

۲- مبانی نظری

۲-۱- الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها

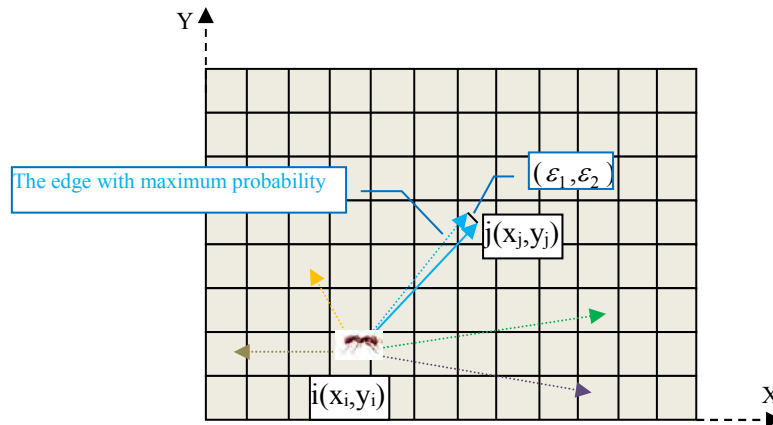
این خانواده از روش‌ها اولین بار توسط دوریگو به عنوان یک راه‌حل چند عامله^۱، برای حل مسائل بهینه‌سازی همچون فروشنده‌ی دوره‌گرد (TSP)^۲، ارائه شد [۲۰]. در سال‌های اخیر کاربردهای فراوانی از به‌کارگیری این الگوریتم در مسائل بهینه‌سازی پیچیده نظیر تشخیص حالات چهره [۲۱]، مکان‌یابی ایستگاه‌های

^۱ Multi Agent

^۲ Travelling Salesman problem (TSP)

$$\begin{cases} \tau_{ij}(t+1) = (1-\rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \rho \cdot \Delta\tau_{ij}(t) \\ \Delta\tau_{ij}(t) = \\ Q/L^K(t) \text{ if } (i,j) \\ \in \text{best created tour} \text{ else } 0 \end{cases} \quad (3)$$

در پایان هر تکرار شدت فرمون به صورت سراسری مطابق رابطه (۳) بروز می‌گردد؛ که در آن $\Delta\tau_{ij}(t)$ میزان فرمون اضافه شده به τ_{ij} توسط مورچه‌ها می‌باشد. Q پارامتر ثابت و $L^K(t)$ مقدار بهینه تابع هزینه است. بهینه‌سازی تابع هزینه تا رسیدن به بیشینه تکرار، ادامه پیدا خواهد کرد [۲۰،۲۶].



شکل ۱- نمایش نحوه جابجایی مورچه‌ها در الگوریتم ACO

۲-۲- الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات

بهینه در فضای پاسخ‌های ممکن، با بهنگام کردن نسل‌ها، جستجوی پاسخ انجام می‌گیرد. هر ذره به صورت چندبعدی با دو مقدار موقعیت و سرعت تعریف می‌شود و در هر مرحله از حرکت ذره، با دو شاخص سرعت و موقعیت، بهترین پاسخ‌ها از لحاظ شایستگی برای تمامی ذرات تعیین می‌شوند. به عبارت بهتر به بهینه به دست آمده در هر مرحله pbest و در پایان تمامی مراحل، gbest گفته می‌شود و تمامی ذرات بر مبنای pbest و gbest به دست آمده مکان خود را به‌روز می‌کنند تا راه‌حل بهینه سراسری حاصل شود [۱۱]. برای حل مسائل مکانیابی نیاز به تعریف دو بعد وجود دارد. با فرض اینکه مختصات x و y ذره i ام (از یک مجموعه N عضوی ذرات) را با x_i و y_i و سرعت آن در راستای محور x و y را با v_{xi} و v_{yi} نشان دهند، مطابق روابط (۴) و (۵) سرعت و موقعیت هر ذره در هر تکرار بهنگام می‌شود [۳۰].

$$\begin{cases} v_{xi}(t+1) = w(t) \cdot v_{xi}(t) + c_1 \cdot \text{rand}() \cdot (pbest_x(t) - x_i(t)) + c_2 \cdot \text{rand}() \cdot (gbest_x(t) - x_i(t)) \\ v_{yi}(t+1) = w(t) \cdot v_{yi}(t) + c_1 \cdot \text{rand}() \cdot (pbest_y(t) - y_i(t)) + c_2 \cdot \text{rand}() \cdot (gbest_y(t) - y_i(t)) \end{cases} \quad (4)$$

بهینه‌سازی انبوه ذرات، یک تکنیک فرا ابتکاری^۱ می‌باشد که از رفتار پرندگان در هنگام جستجوی غذا الهام گرفته شده است. PSO برای نخستین بار توسط Kennedy و Eberhart (۱۹۹۵) ارائه گردید [۱۱]. روش PSO حاصل شبیه‌سازی رفتار سیستم‌های اجتماعی ساده می‌باشد و برای حل مسائل بهینه‌سازی غیرخطی پیوسته بسیار مناسب است [۲۷]. نتایج حاصل از اجرای الگوریتم PSO در مقایسه با سایر روش‌های بهینه‌سازی، پایدار و بهینه بوده و به لحاظ زمان محاسباتی کارآمد می‌باشد. همچنین PSO امکان جستجوی محلی، سراسری و همگرایی سریع به بهینه سراسری را با تنظیم پارامترهای ساده فراهم می‌کند. مزیت اصلی این روش بر استراتژی‌های بهینه‌سازی دیگر این است که تعداد فراوان ذرات ازدحام‌کننده، باعث پایداری روش در برابر مشکل پاسخ بهینه محلی می‌گردد [۲۸،۲۹].

در این الگوریتم ابتدا یک مجموعه جواب اولیه تولید می‌شود. به عبارت ساده‌تر، در ابتدا هر ذره به عنوان یک راه‌حل ممکن فرض می‌گردد. سپس برای یافتن جواب

^۱ Metaheuristic

ذرات بر مبنای بهینه‌سازی این تابع صورت می‌گیرد. سه مرحله بهنگام‌سازی سرعت، بهنگام‌سازی موقعیت و محاسبه تابع هزینه تا رسیدن به بیشینه تکرار ادامه می‌یابد [۳۰].

۳- پیاده‌سازی

برای پیاده‌سازی مدل پیشنهادی این تحقیق در ابتدا نقشه‌های معیار در نرم‌افزار ArcGIS 10.1[®] آماده شد. سپس به کمک برنامه نویسی در محیط Matlab[®] الگوریتم‌های ACO و PSO اجرا گردید. در نهایت نیز پس از ارزیابی نتایج، نقشه‌های خطر بروز ایست قلبی بر مبنای اطلاعات زمینه‌ای بیماران ارائه شد.

۳-۱- تعیین منطقه مطالعاتی و معیارهای

ارزیابی

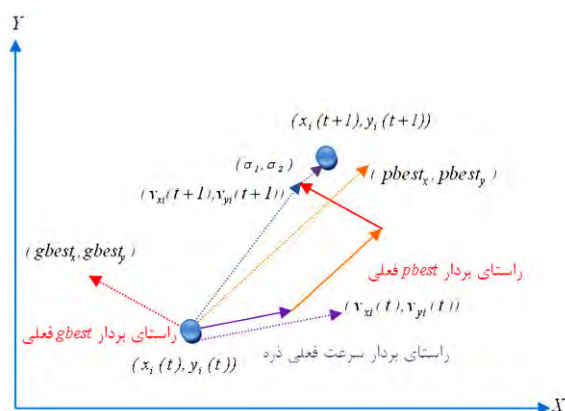
در این تحقیق جهت انجام روش پیشنهادی به طور نمونه اماکن عمومی پیتزبورگ ایالت پنسیلوانیا و معیارهای ارزیابی کاربری اراضی، فاصله از بیمارستان‌ها، ارتفاع منطقه، شاخص فقر و موارد گزارش شده ایست قلبی به عنوان اطلاعات زمینه‌ای محیطی مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین از بین اطلاعات زمینه‌ای شخصی بیماران سن، وضعیت بیماری و سیگاری بودن جهت بررسی انتخاب شد. به دلیل در دسترس نبودن اطلاعاتی چون شاخص فقر، موارد گزارش شده بیماری به صورت مکانی و اطلاعات زمینه‌ای بیماران، روند پیشنهادی برای داده‌های داخل کشور پیاده‌سازی نشد. شکل ۳ نشان‌دهنده منطقه پیتزبورگ، رودخانه‌ها و موارد گزارش شده ایست قلبی در اماکن عمومی این شهر در یک دوره ۵ ساله می‌باشد (که با دایر روی نقشه ۳ نشان داده شده است). سیستم مختصات جغرافیایی برای منطقه مطالعاتی GCS_North_American_1983 با واحد خطی فوت می‌باشد [۳].

$$\begin{cases} x_i(t+1) = x_i(t) + v_{xi}(t+1) + \sigma_1 \\ y_i(t+1) = y_i(t) + v_{yi}(t+1) + \sigma_2 \end{cases} \quad (5)$$

در روابط فوق، $t=1,2,\dots,I_{max}-1$ ، $i=1,2,\dots,N$ بیانگر شماره تکرار، I_{max} برابر بیشینه تکرار، $\text{rand}()$ برابر یک مقدار تصادفی در بازه $[0,1]$ ، C_1 و C_2 دو مقدار ثابت مثبت تحت عنوان نرخ یادگیری شناختی و نرخ یادگیری اجتماعی، $pbest_x(t)$ و $pbest_y(t)$ بهترین جواب به دست آمده در تکرار t ام در راستای محور x و y ، $gbest_x(t)$ و $gbest_y(t)$ بهترین جواب به دست آمده تا تکرار t ام در راستای محور x و y می‌باشند. همچنین σ_1 و σ_2 پارامترهای اعمالی به موقعیت x و y ذرات می‌باشند تا دقیقاً در مراکز نزدیکترین پیکسل‌ها قرار گیرند [۳۰]. $w(t)$ نیز وزن اینرسی می‌باشد که در هر تکرار از رابطه‌ی (۶) محاسبه می‌شود.

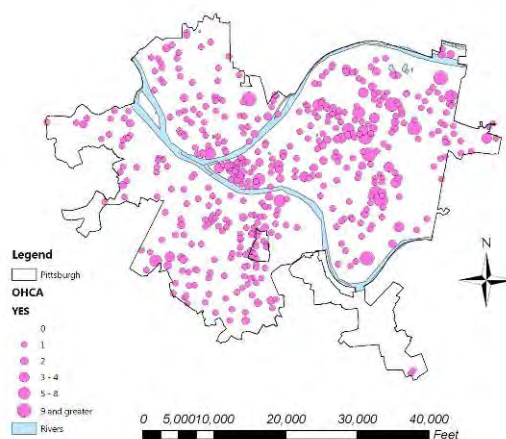
$$w(t) = w_{max} - \frac{(w_{max} - w_{min}) \times t}{I_{max}} \quad (6)$$

که در آن w_{min} و w_{max} کمینه و بیشینه وزن اینرسی می‌باشد. نحوه‌ی اعمال بردار سرعت و تعیین موقعیت هر ذره در هر تکرار در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۲- نحوه‌ی بهنگام‌سازی سرعت و موقعیت ذرات در هر تکرار از الگوریتم PSO

مطابق شکل ۲، موقعیت هر ذره بر مبنای بردار سرعت، $gbest$ و $pbest$ بهنگام می‌شود. در این مطالعه، به دلیل ماهیت رستری و گسسته فضای جستجو، پس از تعیین موقعیت هر ذره در هر تکرار، باید پارامترهای تصحیح موقعیت (σ_1, σ_2) اعمال گردند تا ذره بر روی مرکز نزدیکترین پیکسل قرار گیرد. تابع هزینه در هر مرحله پس از محاسبه x, y, v_x و v_y ، برآورد می‌شود و جایجایی



شکل ۳- نقشه‌ی پیتزبورگ، رودخانه‌ها و موارد گزارش شده ایست قلبی در اماکن عمومی این شهر در یک دوره ۵ ساله

۳-۲- تهیه‌ی نقشه‌های معیار

برای آماده‌سازی و استانداردسازی نقشه‌های معیار از آنالیزها و ابزارهای مختلف نرم‌افزار ArcGIS 10.1[®] استفاده شد. در گام اول، برای تهیه‌ی لایه‌ی تخمین محدوده موارد گزارش شده ایست قلبی که از قبل به صورت یک لایه‌ی نقطه‌ای از آمار و اطلاعات مربوطه موجود بود از آنالیز Kernel density استفاده شد؛ تا یک لایه پیوسته و نرم برای کل منطقه داشته باشیم. در این تحقیق با توجه به وسعت منطقه، مقیاس منطقه مطالعاتی (۱:۴۰۰۰۰) و فواصل و پراکندگی نقاط، شعاع جستجو و اندازه پیکسل به ترتیب ۱۵۰۰ و ۱۵۰ فوت انتخاب شد. سپس برای استانداردسازی این لایه مقادیر حاصل در بازه یک تا ده نرمال گردید. عدد یک مربوط به موارد گزارش شده کمتر و نیاز کمتر برای احداث تسهیلات احیاء و عدد ده مربوط به بیشترین موارد گزارش شده و نیاز بیشتر برای احداث تسهیلات احیاء می‌باشد. نتیجه حاصل از انجام این آنالیز در (شکل ۴-الف) نشان داده شده است. مدل رقومی ارتفاعی موجود منطقه نیز در بازه یک تا ده نرمال شد. بدین ترتیب که عدد یک به ارتفاع بالاتر و مکان‌های پرخطر بروز ایست قلبی و عدد ده به ارتفاع پایین‌تر و مکان‌های کم‌خطر در بروز این بیماری اختصاص یافت (شکل ۴-ب).

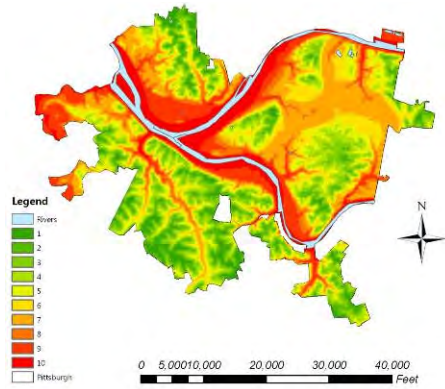
برای تهیه‌ی لایه‌ی کاربری اراضی نیز در ابتدا کاربری‌های موجود در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. با

توجه به اینکه کاربری‌های آب‌های راکد، آب‌های جاری، گل‌ولای، جنگل و بایر در آنالیز این تحقیق مورد نیاز نمی‌باشند، تنها کاربری مناطق توسعه یافته و تجاری با حریم ۸۰۰ فوتی انتخاب شد. سپس این مناطق که در بروز ایست قلبی به دلیل پر ازدحام بودن پرخطر شناخته می‌شوند، با عدد ده و سایر مناطق با عدد یک نرمال شدند (شکل ۴-ج).

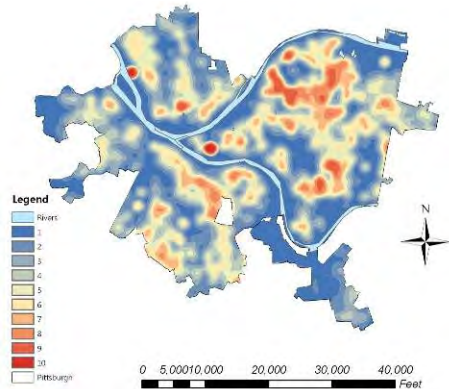
نقشه شاخص فقر مطابق (شکل ۴-د) تهیه شد. مطابق نظر O'hare و همکارانش [۳۱] برای تهیه‌ی این نقشه چهار نقشه معیار مردان بیکار در سن کار، زنان خانه‌دار بیکار و بچه‌دار، خانوارهای زیر خط فقر و افراد بیسواد با وزن مساوی باهم ترکیب شدند. آماده‌سازی خود این چهار معیار نیز به کمک آنالیز Kernel density با شعاع جستجویی برابر ۱۵۰۰ و اندازه پیکسل‌ها برابر ۱۵۰ فوت انجام شد. در نهایت نیز در بازه یک تا ده، برای کمترین و بیشترین میزان شاخص فقر، مقداردهی گردید. به بیان ساده‌تر، در این نقشه معیار، مناطقی که عدد شاخص فقر آنها بزرگتر باشد، به احتمال زیاد به لحاظ بهداشتی-درمانی در سطح پایین‌تری قرار داشته و احتمال بروز ایست قلبی در این مناطق بیشتر بوده است. در (نقشه ۴-ه) فاصله از بیمارستان‌های موجود با کمک آنالیز بافر تهیه شد و بر مبنای دور شدن از بیمارستان‌ها، بین یک تا ده ارزش گذاری گردید؛ چراکه با دوری از بیمارستان‌ها خطر بیشتری جان بیماران را تهدید می‌کند.

۳-۳- تهیه‌ی نقشه‌ی خطر بروز ایست قلبی

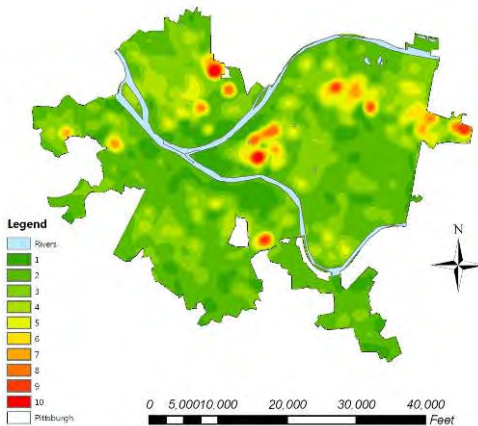
برای تهیه‌ی نقشه‌ی خطر بروز ایست قلبی از روش-های PSO و ACO استفاده شد. جزییات و مقادیر پارامترهای این دو روش در جدول ۱ آمده است. برای اجرای این دو روش از برنامه نویسی در محیط Matlab[®] استفاده شد. همچنین برای سادگی کار نیز وزن معیارها در تابع هزینه هر دو روش باهم برابر و معادل ۰٫۲۰ فرض شد.



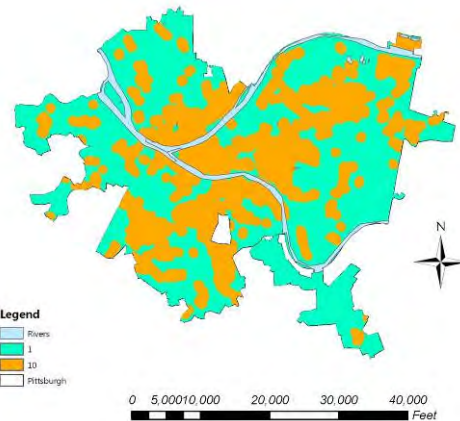
ب- نقشه مدل رقومی ارتفاعی



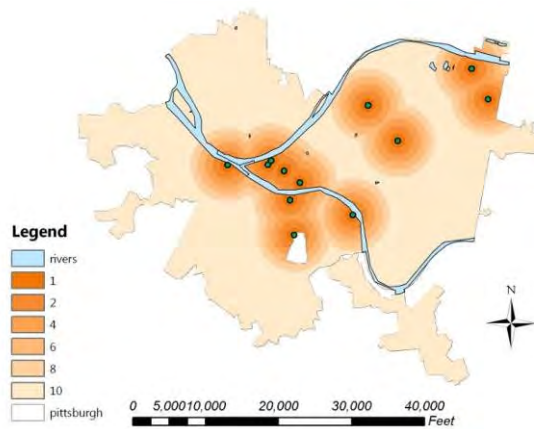
الف- نقشه تخمین محدوده موارد گزارش شده ایست قلبی



د- نقشه شاخص فقر



ج- نقشه مناطق توسعه یافته و تجاری



ه- فاصله از بیمارستان های موجود

شکل ۴- نقشه های معیار امکان عمومی پیتزبورگ ایالت پنسیلوانیا

پارامترهای جدول ۱ قبلا در توضیح دو روش ACO و PSO آمده است، به جز npop که مقدار جمعیت اولیه در هر دو روش می باشند. تابع هزینه مورد استفاده در هر دو الگوریتم مطابق رابطه ی (۷) می باشد.

$$F_1 \in \begin{cases} \text{Maximize} & f_1 = W_1 \cdot \text{Commerical}_i \\ \text{Minimize} & f_2 = W_2 \cdot \text{DEM}_i \\ \text{Maximize} & f_3 = W_3 \cdot \text{Population}_i \\ \text{Maximize} & f_4 = W_4 \cdot \text{Povertyindex} \\ \text{Maximize} & f_5 = W_5 \cdot \text{Distfromhospital} \end{cases} \quad (7)$$

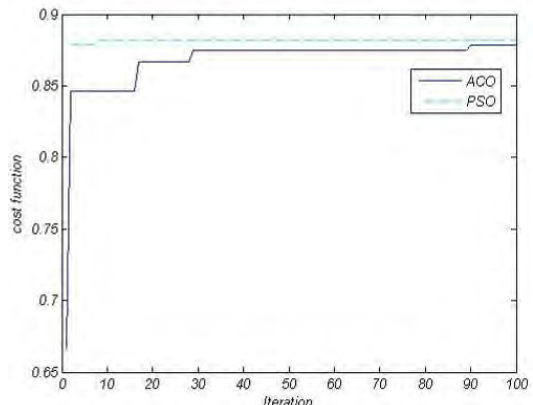
جدول ۱- جزئیات پیاده سازی روش های PSO و ACO

PSO	ACO
npop=30;	npop=30;
$W_{\max} = 0.9;$	$\tau_0 = 1;$
$W_{\min} = 0.4;$	alpha=1;
c1=2;	beta=2;
c2=2;	rho=0.1;
xmin=1;	xmin=1;
xmax=426;	xmax=426;
ymin=1;	ymin=1;
ymax=343;	ymax=343;
$v_{\max} = 0.1 * (x_{\max} - x_{\min});$	$I_{\max} = 100;$
$v_{\min} = 0.1 * (y_{\max} - y_{\min});$	
$I_{\max} = 100;$	

هستند. بدین ترتیب که نشانگر تراکم موارد گزارش شده ایست قلبی در یک دوره ۵ ساله در سراسر منطقه می‌باشند.

۳-۴- ارزیابی نتایج

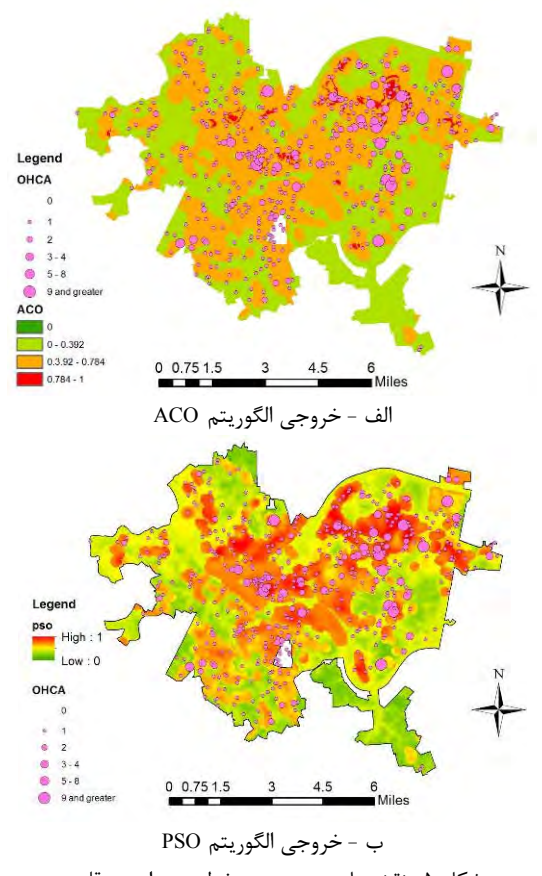
در این تحقیق جهت ارزیابی نتایج هم دقت و هم صحت نتایج مورد بررسی قرار گرفته است. جهت بررسی صحت نتایج نقشه‌های تولید شده با توجه به داده های واقعی مربوط به گزارش های ایست قلبی ارزیابی شدند. برای بررسی دقت نتایج نیز خروجی دو روش مذکور بایکدیگر مقایسه شد. برای مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از دو روش ACO و PSO، روند بهینه‌سازی تابع هزینه در هر دو روش در ۱۰۰ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت (مطابق شکل ۶).



شکل ۶- مقایسه‌ی بهینه‌سازی تابع هزینه روش‌های PSO و ACO در ۱۰۰ تکرار

با توجه به نمودار شکل ۶ می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم PSO به نسبت الگوریتم ACO بهینه‌سازی را بهتر انجام می‌دهد و کمتر درگیر بهینه‌های محلی می‌گردد. برای بررسی صحت نتایج، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر بروز ایست قلبی تولید شده در هر روش را با نقشه‌ی موارد گزارش شده ایست قلبی در اماکن عمومی این شهر در یک دوره ۵ ساله را بر روی هم می‌اندازیم (شکل ۷). نتایج مقایسات حاکی از آن است که نقشه‌ی خطر تولید شده با ارزش نزدیک به یک به موارد گزارش شده بیماری با ارزش ۹ و بزرگتر از ۹ در خروجی روش PSO انطباق بیشتری دارد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که در مورد تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر بروز ایست قلبی، بهره‌گیری از روش

مطابق رابطه‌ی (۷) تابع هزینه به ترتیب متشکل از بیشینه‌سازی و کمینه‌سازی حاصلضرب ۵ معیار کاربری تجاری، محدوده‌های تخمینی وقوع ایست قلبی بر مبنای گزارشات، شاخص فقر، فاصله از بیمارستان‌های موجود و مدل رقومی ارتفاع در اوزان مربوطه می‌باشد. با توجه به اینکه بایستی در تابع هزینه چهار معیار بیشینه و یک معیار کمینه گردد، برای ساده‌سازی در هنگام نرمال‌سازی لایه‌های معیار، نقشه ارتفاع نیز به صورت معکوس در بازه ۱ تا ۱۰ نرمال گردید تا تابع هزینه تحقیق در حالت کلی با بیشینه‌سازی حل گردد. نقشه‌های پهنه بندی خطر بروز ایست قلبی حاصل از دو روش ACO و PSO در شکل ۵ نشان داده شده است.

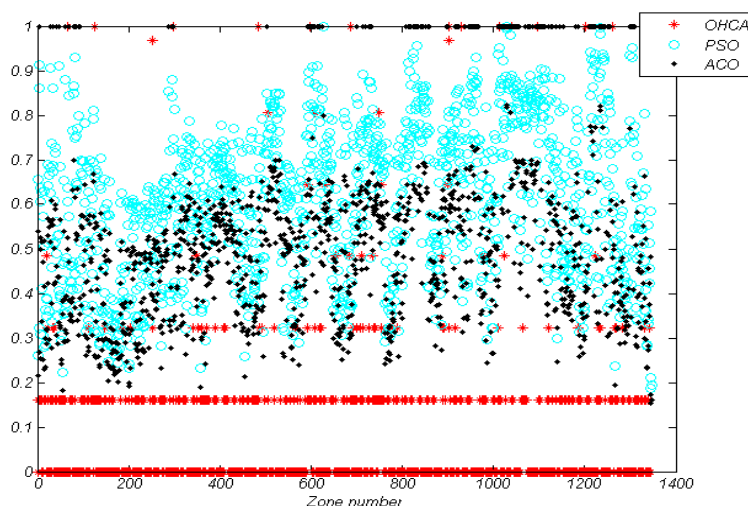


شکل ۵- نقشه‌های پهنه بندی خطر بروز ایست قلبی

در نقشه‌های شکل ۵، اعداد نزدیک به یک مربوط به مناطقی می‌باشد که احتمال خطر بروز ایست قلبی در آنها بیشتر بوده و مناطق دارای عدد کمتر و نزدیک به صفر مناطق امن‌تری به لحاظ خطر بروز ایست قلبی می‌باشند. همچنین مقادیر گزارش شده بیماری، داده‌های تست برای ارزیابی نقشه‌های حاصل از دو الگوریتم ACO و PSO

برای مقایسه بهتر، کل منطقه به ۱۴۰۰ بخش مختلف تقسیم شد و میانگین مقادیر گزارش شده در هر قسمت با میانگین مقادیر ACO یا PSO برای پیکسل‌های آن منطقه مقایسه گردید. نتایج در نمودار شکل ۷ ارائه شده است و حاکی از برتری نسبی روش PSO نسبت به ACO می‌باشد.

PSO هم به لحاظ بهینه‌سازی تابع هزینه (نمودار شکل ۶) و هم به لحاظ انطباق با موارد گزارش شده (نمودار شکل ۷) مناسب‌تر می‌باشد. نتایج مقایسه دو روش ACO و PSO با مقادیر گزارش شده ایست قلبی (OHCA) در ۱۴۰۰ بخش مختلف از منطقه مطالعاتی در شکل ۷ آورده شده است. به دلیل پیوسته بودن نتایج روش‌های هوش جمعی و گسسته بودن مقادیر گزارش شده ایست قلبی



شکل ۷- نتایج مقایسه دو روش PSO و ACO با مقادیر گزارش شده ایست قلبی (OHCA) در ۱۴۰۰ بخش مختلف از منطقه مطالعاتی

حاد طبقه‌بندی شد. سن بیماران نیز در ۵ گروه زیر ۳۰ سال، ۳۰ تا ۴۰ سال، ۴۰ تا ۵۰ سال، ۵۰ تا ۶۰ سال و بالای ۶۰ سال دسته‌بندی گردید. وضعیت دخانیات فرد نیز در دو کلاس سیگاری بودن یا نبودن وارد آنالیز این مسئله گشت. در نهایت نیز ارزش اطلاعات زمینه‌ای محیطی برای هر بیمار از روی نقشه پهنه‌بندی به دست آمده از روش PSO استخراج گردید.

۳-۵- نتایج بر مبنای اطلاعات زمینه‌ای کاربر

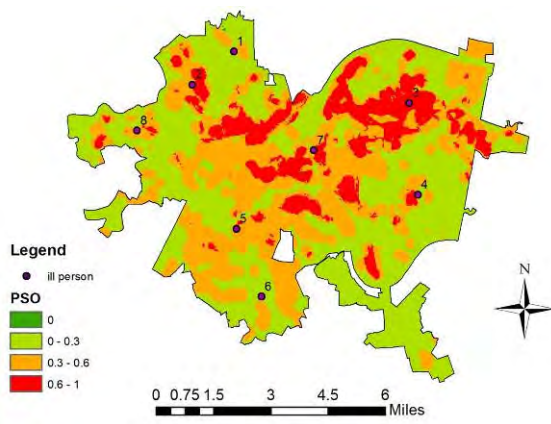
پس از تهیه نقشه خطر وقوع ایست قلبی با دو روش ACO و PSO و ارزیابی نتایج حاصل، نقشه حاصل از روش PSO به عنوان نقشه پهنه‌بندی خطر بروز ایست قلبی تایید و ارائه شد. لیکن این نقشه برای کل افراد اعم از بیماران و افراد سالم و در کل منطقه تولید شده است. حال آنکه اطلاعات زمینه‌ای شخصی هر بیمار، احتمال بروز ایست قلبی را در خود آن فرد به شدت تغییر می‌دهد. برای بررسی این مسئله، در گام نهایی از این تحقیق، ۸ بیمار به طور نمونه مورد بررسی قرار گرفتند. اطلاعات زمینه‌ای این افراد در جدول شماره ۲ آمده است. برای ارائه نقشه خطر بروز ایست قلبی برای هر بیمار وضعیت بیماری، سن و سیگاری بودن از بین اطلاعات زمینه‌ای شخصی فرد بیمار و اطلاعات زمینه‌ای محیطی که از نتایج روش PSO استخراج شده است، انتخاب شدند. بر مبنای نظر کارشناسان و پزشکان، وضعیت بیماری شخص (سابقه بیماری) در ۵ کلاس سالم، حساس، بحرانی، خطرناک و

جدول ۲- اطلاعات زمینه‌ای ۸ بیمار مورد بررسی این تحقیق

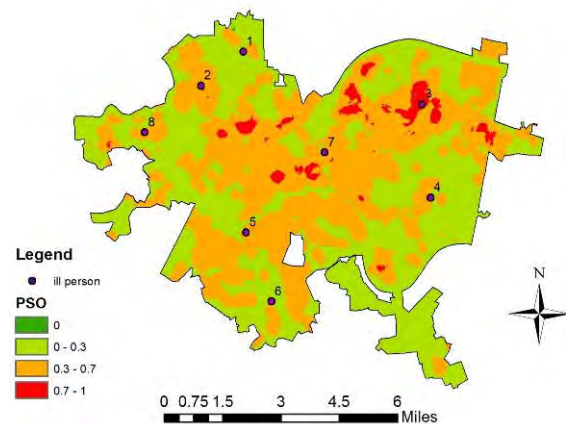
شماره بیمار	وضعیت بیماری	سن	سیگاری بودن	ارزش اطلاعات زمینه‌ای محیطی هر بیمار
۱	حاد	۶۵	خیر	۰,۲۹۸
۲	خطرناک	۴۰	بلی	۰,۴۶۵
۳	بحرانی	۶۸	بلی	۰,۸۰۴
۴	حساس	۵۹	بلی	۰,۴۰۲
۵	بحرانی	۴۳	خیر	۰,۵۷۵
۶	خطرناک	۲۵	بلی	۰,۳۲۹
۷	بحرانی	۷۰	خیر	۰,۶۴۹
۸	حاد	۴۶	بلی	۰,۵۷۲

پس از استخراج و طبقه‌بندی اطلاعات زمینه‌ای کاربر، و واردسازی وزن این اطلاعات که مطابق با نظر کارشناسان برای اطلاعات زمینه‌ای محیطی، وضعیت بیماری، سن و سیگاری بودن به ترتیب برابر ۰,۳، ۰,۳، ۰,۲ و ۰,۲ بودند، نقشه‌های تهیه‌بندی خطر ایست قلبی برای ۸ بیمار مورد بررسی، تهیه گردید. به این ترتیب که برمبنای جمع وزندار ارزش هر یک از اطلاعات زمینه‌ای در وزن مربوطه، حد آستانه‌های نقشه تهیه‌بندی خطر بروز ایست قلبی در بازه صفر تا یک برمبنای نقشه حاصل از روش PSO برای بیماران تعیین و ترسیم شد. مناطق با ارزش نزدیک یک برای هر بیمار پرخطرترین و مناطق با ارزش نزدیک به صفر کم‌خطرترین مناطق به لحاظ احتمال بروز ایست قلبی بوده است. نقشه‌های الف تا د شکل ۸ نشانگر نقشه‌های تهیه‌بندی خطر ایست قلبی برمبنای اطلاعات زمینه‌ای ۸ بیمار مورد بررسی می‌باشند.

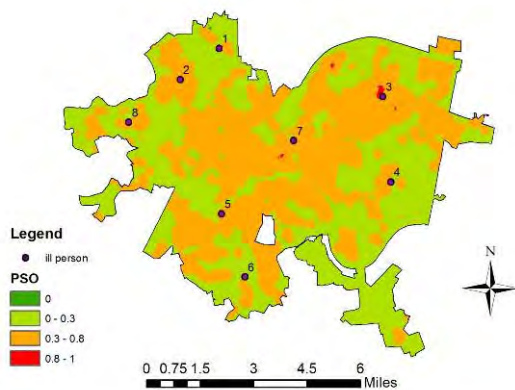
نتایج به دست آمده در ۴ کلاس امن، مناسب، بحرانی و خیلی خطرناک ارائه شده است. نتایج به دست آمده نسبت به نقشه شکل ۵-د (نقشه بیمار شماره ۵) که دارای وضعیت نسبتاً نرمالی بود، مورد ارزیابی قرار گرفت. نقشه شکل ۵-الف نسبت به آن کاهش ۵ درصدی در مساحت کلاس بحرانی و افزایش ۸۵ درصدی در مساحت کلاس خیلی خطرناک شد. نقشه شکل ۵-ب ۲۶ درصد در کلاس بحرانی کاهش و ۹۶ درصد در کلاس خیلی خطرناک افزایش داشته است. در نقشه شکل ۵-ج نیز مساحت کلاس بحرانی ۶۸ درصد کاهش و مساحت کلاس خیلی خطرناک ۹۸ درصد افزایش پیدا کرده است. نتایج به دست آمده موید تاثیر فراوان اطلاعات زمینه‌ای بیماران در نقشه تهیه‌بندی خطر وقوع ایست قلبی می‌باشد.



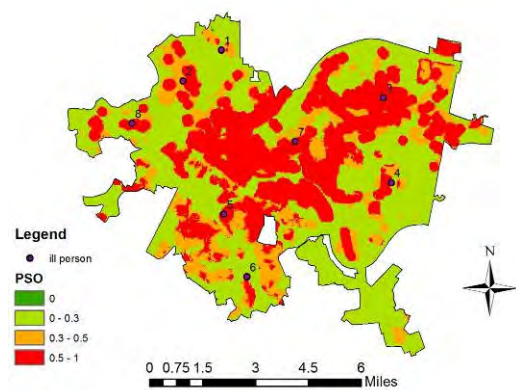
ب - شماره ۲



الف - بیماران شماره ۱-۴-۶-۷



د - بیمار شماره ۵



ج - بیماران شماره ۳-۸

شکل ۸- نقشه‌های تهیه‌بندی خطر بروز ایست قلبی برمبنای اطلاعات زمینه‌ای بیماران

۴- بحث و نتیجه‌گیری

ایست یا سکتته قلبی یکی از مهمترین علل مرگ و میر در سراسر جهان می‌باشد که هرساله افراد زیادی در اثر آن جان خود را از دست می‌دهند. طرح‌ها و مطالعات فراوانی از سوی تمامی کشورهای دنیا در ارتباط با این بیماری و عملیات احیاء در داخل بیمارستان‌ها و مراکز درمانی انجام شده است. لکن با بررسی موارد ایست قلبی گزارش شده در خارج از بیمارستان‌ها و احداث تسهیلات احیاء در اماکن عمومی کمتر توجه شده است.

در این تحقیق در یک چارچوب ترکیبی از الگوریتم‌های GIS و روش‌های فرا ابتکاری نقشه پهنه‌بندی خطر بروز ایست قلبی در اماکن عمومی شهر پیتربورگ مورد بررسی قرار گرفته است. برای نیل به این امر کل منطقه با اطلاعات زمینه‌ای محیطی شامل کاربری اراضی، ارتفاع منطقه، فاصله از بیمارستان‌های موجود، وضعیت اقتصادی و محدوده‌های تخمینی برای موارد گزارش شده ایست قلبی در اماکن عمومی لحاظ شده است. در این تحقیق از بین روش‌های مختلف، الگوریتم‌های هوش جمعی به دلیل توانایی در تحلیل مسائل بزرگ مقیاس و پیچیده و سرعت بالای آنها انتخاب شد. چراکه مسئله این تحقیق با داده‌های گوناگونی در ارتباط است (اطلاعات محیطی و زمینه ای) که این داده‌ها برخی نیازمند کمینه‌سازی و برخی نیازمند بیشینه‌سازی می‌باشند. همچنین با بزرگ شدن منطقه مطالعاتی و افزایش تعداد پیکسل‌ها تعداد گزینه‌های تصمیم‌گیری افزایش پیدا می‌کند. در چنین شرایطی استفاده از روش‌های معمول ناکارآمد خواهد بود. همچنین به دلیل ماهیت رستری داده‌های ورودی در چنین مسائلی، الگوریتم این دو روش تبدیل به حالت گسسته شد. بهره‌گیری از الگوریتم PSO در حالت گسسته در تحقیقات پیشین مورد توجه قرار گرفته بود

مراجع

[۳۰]. لیکن تبدیل ACO برای حالات گسسته و استفاده از آن برای فضاهای رستری جز مشارکت‌های علمی این تحقیق می‌باشد و در مطالعات قبلی مورد توجه قرار نگرفته است. به دلیل نقش کلیدی اطلاعات زمینه‌ای شخصی در بروز ایست قلبی، در گام نهایی تحقیق نقشه‌های به دست آمده از روش PSO بر مبنای اطلاعات زمینه‌ای شخصی شامل سن و وضعیت بیماری و دخانیات فرد بیمار بهینه‌سازی گردید. در کنار تمامی تلاش‌های صورت گرفته و مزایای این پژوهش، تحقیق حاضر نیز نظیر تمامی مطالعات صورت گرفته با محدودیت‌هایی روبرو می‌باشد. چارچوب ارائه شده در این تحقیق با افزودن معیارهای ارزیابی دیگری نظیر آلودگی هوا، ترافیک، وضعیت تندرستی بیماران و غیره، تعیین دقیق اوزان معیارها با روش‌های تصمیم‌گیری و مقایسه‌ی خروجی روش‌های هوش جمعی با سایر روش‌های بهینه‌سازی یا تصمیم‌گیری جهت بهبود دقت قابل توسعه می‌باشد. همچنین در این تحقیق به دلیل عدم وجود داده‌هایی نظیر شاخص فقر و موارد گزارش شده بیماری در سطح شهر در داخل کشورمان از داده‌های سایر کشورها استفاده شد که با جمع‌آوری اطلاعات مشابه در داخل کشور، روند پیشنهادی برای کشورمان نیز قابل اجرا می‌باشد. همچنین به دلیل اهمیت اطلاعات زمینه‌ای، استنتاج و پیش‌بینی دقیق این اطلاعات و بهره‌گیری از روش‌های توانمند در این حیطه جزو پیشنهادات برای مطالعات آتی در این زمینه می‌باشد.

[۱] سیفی، ف.، شریفی، ف.، آستانگی، س.، اسمعیلی، ک.، (۱۳۸۹) بررسی میزان موفقیت احیاء قلبی-ریوی و مغزی در مراکز آموزشی-درمانی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه (۸۴-۱۳۸۰)، بهبود: سال چهاردهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۸۹، فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه.

[۲] بریم نژاد، ل.، رسولی، م.، نیکبخت نصر آبادی، ع.، محمدی، ه.، خیراتی، ل.، (۱۳۸۷) تأثیر حضور تیم احیاء ورزیده بر نتایج احیاء قلبی-ریوی، مجله دانشگاه علوم پزشکی بابل، دوره دهم، شماره ۳، مرداد - شهریور ۱۳۸۷: صفحه ۶۱-۵۵.

- [3] Kurland, K. S., Gorr, W. L., (2012) "sing ArcGIS Spatial Analyst for demand estimation, GIS Tutorial for Health". Fourth Edition: Esri press.pp. 375-414.
- [4] Harvard medical school family health guide., public defibrillators. Last updated may 2004, <http://www.health.harvard.edu/fhg/updates/update0504a.shtml>. Accessed July 26, 2008.
- [5] Riley, D. L., Krepostman, S., Stewart, D. E., Suskin, N., Arthur, H. M., Grace, S. L., (2009) "A mixed methods study of continuity of care from cardiac rehabilitation to primary care physicians". *Canadian Journal of Cardiology*, 25(6).pp.187-92.
- [6] Dolansky, M. A., Zullo, M. D., Hassanein, S., Schaefer, J. T., Murray, P., Boxer, R., (2012) "Cardiac rehabilitation in skilled nursing facilities: A missed opportunity". *Heart & Lung: The Journal of Acute and Critical Care*, 41(2). pp. 115-124.
- [7] Taylor, R. S., Watt, A., Dalal, H. M., Evans, P. H., Campbell, J. L., Read, K. L. Q., Mourant, A. J., Wingham, J., Thompson, D. R., Pereira Gray, D. J., (2007) "Home-based cardiac rehabilitation versus hospital-based rehabilitation: A cost effectiveness analysis". *International Journal of Cardiology*, 119(2). pp. 196-201.
- [8] Soo, L., Huff, N., Gray, D., Hampton, J. R., (2001) "Geographical distribution of cardiac arrest in Nottinghamshire". *Resuscitation*, 48(2), pp.137-147.
- [9] Holmberg, M., Holmberg, S., Herlitz, J., Gårdelöv, B., (1998) "Survival after cardiac arrest outside hospital in Sweden". *Resuscitation*, 36(1), pp.29-36.
- [10] Mohammadi, N., Malek, M.R., Alesheikh, A. (2009) "Evaluation of Location/Allocation Methods in a Continuous Space Using Genetic Algorithm", *International Review on Computers and Software*, 4(6), pp. 743-748.
- [11] Kennedy, J., R. Eberhart. (1995) "Particle swarm optimization", *IEEE Int. Conf. Neural Networks*, vol. IV , pp. 1942–1948.
- [12] Dorigo, M. (1992) "Optimization, Learning and Natural Algorithms", PhD Thesis, Politecnico di Milano, Italy.
- [13] Reche-López, P., Ruiz-Reyes, N., García Galán, S., Jurado, F. (2009) "Comparison of metaheuristic techniques to determine optimal placement of biomass power plants", *Energy Conversion and Management* 50, pp. 2020–2028.
- [14] Vera, D., Carabias, J., Jurado, F., Ruiz-Reyes, N. (2010) "A Honey Bee Foraging approach for optimal location of a biomass power plant", *Applied Energy* 87, pp. 2119-2127.
- [15] RecheLópez, P., Jurado, F., RuizReyes, N., García Galán, S., Gómez, M. (2008) "Particle swarm optimization for biomass-fuelled systems with technical Constraints", *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 21, pp. 1389–1396.
- [16] Gómez, M., López, A., Jurado, F. (2010) "Optimal placement and sizing from standpoint of the investor of Photovoltaics Grid-Connected Systems using Binary Particle Swarm Optimization", *Applied Energy* 87, pp. 1911–1918.
- [17] Huang, B., Liu, N., Chandramouli, M. (2006) "A GIS supported Ant algorithm for the linear feature covering problem with distance constraints", *Decision Support Systems* 42, pp. 1063–1075.
- [18] Yapicioglu, H., Smith, A.E., Dozier, G. (2007) "Solving the semi-desirable facility location problem using bi-objective particle swarm", *European Journal of Operational Research*. 177(2), pp. 733–749.
- [19] Fu, Q., Wang, Z., Jiang, Q. (2010) "Delineating soil nutrient management zones based on fuzzy clustering optimized by PSO", *Mathematical and Computer Modelling* 51, pp. 1299-1305.
- [20] Dorigo, M., Blum, C. (2005) "Ant colony optimization theory: A survey", *Theoretical Computer Science*, 344, pp:243–278.
- [21] Kanan, H. R., Faez, K., Taheri, S. M. (2007) "Feature selection using ant colony optimization (ACO): A new method and comparative study in application of face recognition system", *Lecture Notes in Computer Science*, 4597, pp:63–76.
- [22] Huang, B., Liu, N., Chandramouli, M. (2005) "A GIS supported Ant algorithm for the linear feature covering problem with distance constraints", *Decision Support Systems* 42 (2006) , pp:1063–1075.

- [23] Furtado, V., Melo, A., Coelho, A.L.V., Menezes, M., Perrone, R. (2009) "A bio-inspired crime simulation model", *Decision Support Systems*, 48, pp: 282–292.
- [24] Yang, Z., Yu, B., Cheng, C. (2007) "A parallel ant colony algorithm for bus network optimization", *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 22, pp:44–55.
- [25] Mullen, R.J., Monekosso, D., Barman, S., Remagnino, P. (2009) "A review of ant algorithms", *Expert Systems*, 36, pp:9608–9617.
- [26] Beckers, R., Deneubourg, J.L. and Goss, S. (1992) "Trails and U-turns in the selection of the shortest path by the ant *Lasius niger*", *Journal of Theoretical Biology*, 159, pp:397–415.
- [27] Clerc, M., Kennedy, J., (2002) "The particle swarm-explosion, stability and convergence in a multidimensional complex space". *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(1), pp: 58-73.
- [28] Shi, Y., Eberhart, R. C., (1999) "Empirical study of particle swarm optimization". *Proceedings of the 1999 Congress on Evolutionary Computation*, Piscataway, NJ: IEEE Service Center, pp: 1945–1950.
- [29] EL-Zonkoly, A. M., (2006) "Optimal tuning of power systems stabilizers and AVR gains using particle swarm optimization". *International Journal of Expert Systems with Applications*, 31(939), pp: 551-557.
- [30] Shifa, MA., Jianhua, He., Feng, Liu., Yan, Yu., (2011) "Land-use spatial optimization based on PSO algorithm". *Geo-Spatial Information Science*, 14(1), pp: 54-61.
- [31] O'hare, W., Mather, M. (2003) "The growing number of kids in severely distressed neighborhoods: Evidence from the 2000 census". In *kids count*, a publication of the annie E. casey foundation and the population reference bureau, revised October 2003, <http://www.aecf.org/upload/publicationfiles/da3622h1280.pdf>.