● وصول مقاله: ۹۷/۱۱/۱۳
● اصلاح نهایی: ۹۸/۱/۲۵
● پذیرش نهایی: ۹۸/۱/۲۹

پیش‌بینی سرانه مخارج بهداشتی در ایران تا افق ۱۴۲۰ با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی انبوه ذرات

ابوالقاسم گل‌خندان [۱] / سمیه صحرائی [۲]

چکیده

مقدمه: پیش‌بینی روند سرانه مخارج بهداشتی می‌تواند در تعیین بهترین سیاست‌ها برای تأمین مالی و مدیریت هزینه‌های سلامت، مفید و مؤثر باشد. بر این اساس، هدف اصلی این مطالعه پیش‌بینی روند سرانه مخارج بهداشتی در ایران بود.

روش پژوهش: این مقاله با استفاده از مبانی نظری در زمینه تابع مخارج بهداشتی و به‌کارگیری آن با دو ابزار الگوریتم ژنتیک (GA) و الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO)، به شبیه‌سازی تابع سرانه مخارج بهداشتی ایران طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۵۸ در قالب سه معادله خطی، نمایی و درجه دوم پرداخت و سپس با استفاده از معیارهای انتخاب مدل رقیب، الگوریتم و مدل برتر انتخاب و اقدام به پیش‌بینی میزان سرانه مخارج بهداشتی تا سال ۱۴۲۰ شد. تحلیل داده‌ها نیز به کمک نرم‌افزار MATLAB نسخه R2016b صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج پیش‌بینی نشان‌دهنده آن بود که سرانه مخارج بهداشتی در ایران با شیب افزایشی تا سال ۱۴۲۰ افزایش خواهد یافت. به‌گونه‌ای که میزان این مخارج از مقدار ۱۰۸۱ دلار (بر اساس قیمت‌های ثابت سال ۲۰۱۱) در سال ۱۳۹۴ به میزان ۲۶۲۸ دلار در سال ۱۴۲۰ خواهد رسید (چیزی حدود ۲/۵ برابر).

نتیجه‌گیری: با توجه به مقادیر پیش‌بینی‌شده سرانه مخارج بهداشتی تا افق ۱۴۲۰، سیاست‌گزاران بخش سلامت بایستی تدابیر لازم را برای تأمین مالی مخارج این بخش اتخاذ کنند.

کلیدواژه‌ها: مخارج بهداشتی، پیش‌بینی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات، ایران.

۱- دکتری اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاهلرستان، خرم‌آباد، ایران، (نویسنده مسئول)، پست الکترونیک: golkhandana@gmail.com
۲- کارشناسی‌ارشد اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، اهواز، ایران

مقدمه

توسعه مفهومی گسترده‌تر و جامع‌تر از رشد اقتصادی است و دارای چندین بعد می‌باشد. یکی از این ابعاد توسعه، توسعه انسانی است که با شاخص‌های مختلفی از جمله مسائل بهداشتی مورد سنجش قرار می‌گیرد. بهداشت و درمان در سیاست‌گذاری و مهندسی سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی کشورها، جایگاه ویژه‌ای دارد و از جمله مسائلی که در طول سال‌های گذشته مورد توجه محققان این حوزه بوده است، مخارج بهداشتی و شیوه نگرش به این موضوع است. هزینه‌هایی که در جهت ایجاد، حفظ و بسط سیستم‌های بهداشت و درمان اجتماعی به مصرف می‌رسد، دیگر مانند گذشته هزینه‌های غیرمولد، به‌حساب نمی‌آید بلکه ماهیتا نوعی سرمایه‌گذاری در جهت ارتقاء و بالندگی منابع انسانی محسوب می‌گردد[۱].

افزایش هزینه‌های نظام سلامت طی سال‌های گذشته و نگرانی در مورد افزایش این هزینه‌ها باعث شده است تا سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان بخش سلامت به بررسی عوامل مؤثر بر هزینه‌های بخش سلامت و تعیین میزان تأثیر هر کدام از این عوامل بپردازند. شناسایی عوامل و فاکتورهای تأثیرگذار بر هزینه‌های سلامت می‌تواند در تعیین بهترین سیاست‌ها برای کنترل و مدیریت هزینه‌های سلامت مفید و مؤثر باشد. فاکتورهای تأثیرگذار بر هزینه‌های سلامت به‌طور کلی به دو دسته فاکتورهای طرف تقاضا و فاکتورهای طرف عرضه طبقه‌بندی می‌شوند که فاکتورهای طرف تقاضا شامل متغیرهایی مانند درآمد، نرخ بیکاری، باسوادی، شهرنشینی، درصد افراد بالای ۶۴ سال و زیر ۱۵ سال بوده و فاکتورهای طرف عرضه شامل متغیرهایی مانند پزشک، تخت، دندانپزشک، داروساز و داروخانه می‌شود[۲]. اولین مطالعه در مورد تعیین‌کننده‌های هزینه‌های سلامت در سال ۱۹۷۷ توسط نیوهاوس[۳] انجام شد. او نتیجه گرفت که تنها متغیر تأثیرگذار بر هزینه‌های سلامت، درآمد می‌باشد و بیش از ۹۰ درصد تغییرات هزینه‌های سلامت توسط درآمد قابل توضیح می‌باشد.

این مطالعه سرآغازی بود بر انبوه مطالعاتی که به بررسی عوامل مؤثر بر مخارج سلامت پرداخته‌اند. مگازینو و مل[۴] در مطالعه‌ای با عنوان "تعیین‌کننده‌های هزینه‌های سلامت در مناطق ایتالیا" در دوره‌ی زمانی ۲۰۰۹-۱۹۸۰، تأثیر متغیرهای تولید ناخالص داخلی، بیکاری، شهرنشینی، مرگ و میر، نرخ تولد، سرانه‌ی پزشک، سرانه‌ی تخت، نرخ باسوادی و سالمندی را بر هزینه‌های سلامت مورد تحلیل قرار داده‌اند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که تولید ناخالص داخلی، نرخ بیکاری، نرخ شهرنشینی، سرانه‌ی تخت بیمارستان و سطح سواد مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر هزینه‌های سلامت هستند. مطالعه دیگر توسط وانگ[۵] در سال ۲۰۰۹ با عنوان تعیین‌کننده‌های هزینه‌های سلامت با استفاده از پانل متوازن بر ایالت‌های آمریکا انجام شد. مطالعه او نشان داد که تولید ناخالص داخلی، درصد جمعیت بالای ۶۵ سال، نرخ شهری‌شدن و تخت بیمارستانی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر هزینه‌های سلامت در ایالت‌های آمریکا می‌باشند. آنگ[۶] در مطالعه‌ای به بررسی تعیین‌کنندگان هزینه‌های سلامت در استرالیا طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۳-۱۹۶۰ پرداخته است. یافته‌های این تحقیق با استفاده از رهیافت حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS: Dynamic Ordinary Last Square) نشان می‌دهد که کشش هزینه‌های مراقبت سلامت نسبت به درآمد بزرگ‌تر از یک است که به معنای آنست که مراقبت سلامت یک کالای لوکس در این کشور است. همچنین، ساختار جمعیت، دسترسی به خدمات مراقبت سلامت و هزینه‌های عمومی سلامت تأثیر مثبت و معناداری بر هزینه‌های سلامت داشته است. بیلگل و تران[۷] در بررسی تعیین‌کنندگان مخارج سلامت استان‌های کشور کانادا با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM: Generalized Method of Moment) به این نتیجه رسیده‌اند که کشش هزینه‌های مراقبت سلامت نسبت به درآمد کوچک‌تر از یک است که به معنای آنست که مراقبت سلامت یک کالای ضروری در استان‌های این کشور است. فتاحی و

همکاران[۸] به بررسی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر هزینه‌های عمومی سلامت در کشورهای درحال‌توسعه طی دوره‌ی زمانی طی دوره‌ی زمانی ۲۰۱۱-۱۹۹۵ پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه با استفاده از روش GMM نشان می‌دهد طی دوره‌ی مورد بررسی، آلودگی هوا، درآمد سرانه، بار تکفل و اندازه دولت تأثیر مثبت و معنادار و بیکاری تأثیر منفی بر هزینه‌های عمومی سلامت در کشورهای مورد مطالعه داشته است. رضایی و همکاران[۹] به بررسی مخارج مراقبت سلامت و تعیین‌کننده‌های آن در استان‌های ایران طی دوره‌ی زمانی ۱۳۹۰-۱۳۸۵ پرداخته‌اند. یافته‌های این تحقیق با استفاده از داده‌های پانلی (ترکیبی) نشان می‌دهد بین متغیرهای درآمد سرانه، درصد شهرنشینی و تعداد پزشک و هزینه‌های سلامت خانوارهای در استان‌های ایران رابطه آماری مثبت و معناداری وجود دارد. همچنین، نتایج نشان داده که هیچ رابطه آماری معناداری بین هزینه‌های سلامت با نرخ باسوادی و جمعیت بالای ۶۵ سال در استان‌های ایران وجود نداشته است. علیزاده و گل‌خندان[۲] با استفاده از اطلاعات و داده‌های آماری ۲۲ متغیر که بر اساس مبانی نظری و مطالعات تجربی بر هزینه‌های بخش سلامت مؤثرند، به شناسایی تعیین‌کننده‌های قوی این هزینه‌ها در ایران طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۵۸ پرداخته‌اند. به این منظور از رویکرد متوسط‌گیری بیزی برآوردهای کلاسیکی (BACE: Bayesian Averaging of Classical Estimates)، استفاده شده است. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که مهم‌ترین تعیین‌کنندگان هزینه‌های بخش سلامت در ایران به‌ترتیب عبارت‌اند از: درآمد سرانه، نرخ شهرنشینی، سرانه هزینه‌های بهداشت عمومی، بار تکفل، سرانه‌ی پزشک و نرخ بیکاری.

مرور ادبیات تجربی در زمینه اقتصاد سلامت گویای آنست که تاکنون مطالعات تجربی بسیار گسترده‌ای در زمینه عوامل مؤثر بر هزینه‌های سلامت انجام شده است اما تاکنون مطالعات تجربی بسیار محدودی در دنیا، با استفاده از ابزارهای پیشرفته پیش‌بینی، به بررسی روند آتی این هزینه‌ها پرداخته‌اند. آگاهی از روند آتی مخارج سلامت می‌تواند سیاست‌گزاران بخش سلامت را به‌منظور اتخاذ تدابیر لازم برای تأمین مالی مخارج این بخش یاری کند. اهمیت این موضوع برای کشور ایران دوچندان است. نظام سلامت ایران همچون سایر نظام‌های سلامت، با افزایش شدید هزینه‌های سلامت مواجه بوده است. بر اساس گزارشات ارائه‌شده توسط بانک جهانی در سال ۱۹۹۵، در حدود ۳/۷۴ درصد از تولید ناخالص داخلی ایران به بخش سلامت اختصاص یافته است؛ در حالی‌که این مقدار در سال ۲۰۱۴ به حدود ۶/۸۹ درصد رسیده است یا این‌که سرانه هزینه‌های سلامت در ایران از ۲۹۳/۶۱ دلار (بر اساس قیمت‌های ثابت سال ۲۰۱۱) در سال ۱۹۹۵ به حدود ۱۰۸۱/۶۷ دلار در سال ۲۰۱۴ رسیده است که در حدود ۴ برابر افزایش یافته است. نکته مهم این است که نسبت رشد اقتصادی در مقایسه با رشد هزینه‌های سلامت کمتر بوده است و تأمین مالی این هزینه‌ها را با مشکل مواجه کرده است.

بر این اساس بررسی وضعیت روند آتی میزان سرانه مخارج بهداشتی در ایران، دلالت‌های سیاستی بسیار مهمی را در بر خواهد داشت. لذا این پژوهش، با استفاده از مبانی نظری در زمینه تابع مخارج بهداشتی و به‌کارگیری آن با استفاده از الگوریتم‌های پیش‌بینی، به شبیه‌سازی تابع مخارج بهداشتی ایران طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۵۸ پرداخت و سه فرم خطی، درجه دوم و نمایی را برای این تابع شبیه‌سازی نمود. سپس با استفاده از معیارهای ارزیابی عمل‌کرد مدل‌های رقیب، بهترین الگوریتم و شکل تبعی مدل، گزینش و از آن برای پیش‌بینی روند سرانه مخارج بهداشتی ایران تا سال ۱۴۲۰ استفاده خواهد شد. در این مطالعه از الگوریتم ژنتیک (GA: Genetic Algorithm) و الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO: Particle Swarm Optimization Algorithm) جهت پیش‌بینی استفاده شده است. از نظر کاربردی، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم PSO از بهترین روش‌های بهینه‌سازی مسائل می‌باشند و به همین جهت می‌توان

از این الگوریتم‌ها در شبیه‌سازی مدل‌های مختلف توابع و پیش‌بینی روند آتی متغیرهای موردنظر استفاده و بهره‌گیری نمود[۱۰].

روش پژوهش

روش این تحقیق توصیفی – تحلیلی است که در قسمت توصیف از روش اسنادی و کتابخانه‌ای استفاده شد و بخش تحلیل متکی بر الگوریتم‌های پیش‌بینی بود. به این منظور، در تحقیق حاضر از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم PSO استفاده شده است. این دو الگوریتم به‌طور مبسوط در ادامه مورد تشریح و تحلیل قرار گرفته‌اند. در ضمن، با استفاده از نرم‌افزار MATLAB نسخه R2016b اقدام به بهینه‌سازی ارزش پارامترهای مدل شد.

برای انجام شبیه‌سازی تابع مخارج بهداشتی در ایران، اقدام به بهینه‌سازی ارزش پارامترها با استفاده از سه معادله خطی، نمایی و درجه دو شد.

الف. معادله خطی

$$y = \omega_0 + \omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \omega_3 x_3 + \omega_4 x_4 + \omega_5 x_5$$

ب. معادله نمایی

$$y = \omega_0 + \omega_1 x_1^{\omega_6} + \omega_2 x_2^{\omega_7} + \omega_3 x_3^{\omega_8} + \omega_4 x_4^{\omega_9} + \omega_5 x_5^{\omega_{10}}$$

ج. معادله درجه دوم

$$y = \omega_0 + \omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \omega_3 x_3 + \omega_4 x_4 + \omega_5 x_5 + \omega_6 x_1^2 + \omega_7 x_2^2 + \omega_8 x_3^2 + \omega_9 x_4^2 + \omega_{10} x_5^2 + \omega_{11} x_1 x_2 + \omega_{12} x_1 x_3 + \omega_{13} x_1 x_4 + \omega_{14} x_1 x_5 + \omega_{15} x_2 x_3 + \omega_{16} x_2 x_4 + \omega_{17} x_2 x_5 + \omega_{18} x_3 x_4 + \omega_{19} x_3 x_5 + \omega_{20} x_4 x_5$$

رابطه‌های فوق، متغیرها با توجه به مبانی نظری و مطالعات انجام داخلی انجام‌شده در زمینه شناسایی عوامل مؤثر و قوی (تعیین‌کننده) مخارج بهداشتی و بالاخص مطالعه تجربی انجام‌شده توسط علیزاده و گل‌خندان[۲]، به‌صورت زیر تعریف شده‌اند:

ω_i: ضرایب وزنی هر یک از متغیرها؛ y: سرانه مخارج بهداشتی (بر حسب دلار و بر اساس قیمت‌های ثابت سال ۲۰۱۱)؛ x_1: تولید ناخالص داخلی سرانه (بر حسب دلار و بر اساس قیمت‌های ثابت سال ۲۰۱۱)؛ x_2: نرخ شهرنشینی؛ x_3: سرانه مخارج عمومی (بر حسب دلار و بر اساس قیمت‌های ثابت سال ۲۰۱۱)؛ x_4: نرخ تکفل؛ x_5: سرانه‌ی تعدادپزشک. اطلاعات آماری مربوط به متغیرهای نرخ تکفل و سرانه‌ی تعداد پزشک از وب‌سایت مرکز آمار ایران و اطلاعات آماری سایر متغیرها از وب‌سایت شاخص‌های توسعه جهانی (WDI) متعلق به بانک جهانی جمع‌آوری شده است. در ضمن، کلیه متغیرها به‌صورت لگاریتمی در نظر گرفته شده‌اند. زیرا استفاده از مقادیر مطلق داده‌ها به‌دلیل نوسانات موجود در طول دوره باعث شد که الگو قادر به پوشاندن همه نوسانات نباشد و لذا استفاده از مقادیر لگاریتمی، دامنه این نوسانات را تا حد زیادی تعدیل می‌نماید. همچنین از داده‌های سالیانه دوره‌ی زمانی ۱۳۹۴–۱۳۵۸ استفاده شد.

الف. الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک نخستین بار توسط هالند[۱۱] در سال ۱۹۷۵ مطرح شد و در سال‌های بعد توسط محققان دیگر توسعه پیدا کرد. الگوریتم ژنتیک بخشی از نظریه محاسبه تکاملی است که در حال حاضر به‌عنوان بخشی از هوش مصنوعی به‌سرعت در حال رشد است. ایده اصلی این الگوریتم در نظریه تکاملی داروین نهفته است. از نظر کاربردی، الگوریتم ژنتیک یکی از روش‌های بهینه‌سازی مسائل است که اساس آن بر انتخاب طبیعی (عامل اصلی تکامل زیستی) و برخی از مفاهیم مهم از علم ژنتیک استوار و برقرار است. در این روش برای بهینه‌سازی تابع هدف (تابع شایستگی) مسأله، از یک جمعیت اولیه کروموزوم‌ها (افراد) که در حقیقت پاسخ‌های اولیه مسأله می‌باشند، به یک جمعیت جدید از کروموزوم‌ها یا یک نسل جدید که در حقیقت پاسخ‌های ثانویه مسأله مفروض است، می‌رسد. با تکرار این عملیات و تولید جمعیت از جمعیت قبلی در

هر مرحله و در نتیجه رسیدن به نسل‌های موفق، جمعیت به‌سمت یک پاسخ بهینه رشد خواهد کرد[۱۲].

جزئیات اجرایی الگوریتم ژنتیک

نمایش رشته‌ها

نمایش رشته‌ها به ویژگی‌های فضای جست‌و جو بستگی دارد؛ ولی معمولاً به‌صورت رشته‌های دودویی نشان داده می‌شوند. در مطالعات متعددی متغیرها به‌صورت دودویی و با طول رشته ثابت کدگذاری شده‌اند. رشته‌های مورد استفاده در الگوریتم ژنتیک را می‌توان به‌صورت گسسته یا پیوسته کد کرد[۱۳]. اگر متغیرهای مورد استفاده گسسته باشند، هر بیت از کروموزوم‌های مربوط به هر نسل، معرف یکی از متغیرهای استفاده شده است؛ به این ترتیب که در هر کروموزوم، صفربودن بیت به‌معنای حضور نداشتن متغیر متناظر با آن و یک به‌معنای حضور متناظر با آن، در ترکیب انتخاب‌شده نهایی است.

تابع برازندگی

تابع برازندگی از اعمال تبدیل مناسب روی تابع هدف که قرار است بهینه شود، به‌دست می‌آید. این تابع هر رشته را با یک مقدار عددی ارزیابی می‌کند که کیفیت آن را مشخص نماید. هر چه کیفیت رشته جواب بالاتر باشد، مقدار برازندگی جواب بیش‌تر است و احتمال مشارکت برای تولید نسل بعدی افزایش پیدا می‌کند. در بسیاری از پژوهش‌ها، مقدار تابع برازندگی با معکوس خطاهای حاصل از آموزش شبکه عصبی در مورد هر رشته، برابر قرار داده شده است؛ به این معنا که هر رشته که نماینده ترکیبی از متغیرهاست، به شبکه عصبی متناظر با آن وارد شده، شبکه با داده‌های مربوط به آن آموزش می‌بیند و در نهایت، خطای آموزش شبکه محاسبه می‌گردد. معکوس این خطای محاسبه شده با تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک برابر قرار داده شده است[۱۳].

اندازه جمعیت

گلدبرگ برای محاسبه بهترین اندازه جمعیت برای کدهای دودویی متغیرهای پیوسته، طول حداکثر شصت رشته را پیشنهاد می‌کند[۱۴].

عمل‌گرهای الگوریتم ژنتیک

انتخاب

پس از این‌که برازندگی تمام افراد یک نسل مشخص شد، طبق اصول طبیعی، فرزندانی که از زوج‌های برازنده‌تر به‌وجود می‌آیند، برازندگی بیشتری دارند و همان طور که در طبیعت، افرادی که برتری‌هایی نسبت به دیگران دارند، به زوج‌های برتری دست پیدا می‌کنند، الگوریتم ژنتیک، این فرایند را شبیه‌سازی می‌کند و به افراد برازنده‌تر، شانس تولید مثل بیشتری می‌دهد. ساده‌ترین روش انتخاب، استفاده از «گردونه شانس» اشت. در این روش، چرخی با قطاع‌های نامساوی، طوری در نظر گرفته می‌شود که هر فرد، قطاعی با زاویه مرکزی $\frac{2\pi f_i}{\sum f_i}$ داشته باشد. حال عددی تصادفی در بازه $[0,2\pi]$ در نظر گرفته، رشته‌ای انتخاب می‌شود که عدد تصادفی در قطاع مربوط به آن قرار گیرد، به طوری که قطاع‌ها بزرگ‌تر، شانس بیشتری برای انتخاب شدن دارند[۱۴].

پیوند (عمل‌گر همبری)

پیوند مهم‌ترین عمل‌گر الگوریتم ژنتیک و کلید موفقیت آن است. عمل‌گر انتخاب برای کشف نواحی جدید، فضای جست‌وجو ابزاری ندارد و اگر تنها به نسخه‌برداری ساختارهای قدیمی بدون تغییر آن اکتفا شود، نمی‌توان به بررسی موارد جدید پرداخت. پیوند، عمل‌گری است که اطلاعات بین رشته‌ها را به‌طور اتفاقی مبادله می‌کند. ساده‌ترین حالت این عمل‌گر، پیوند تک نقطه‌ای است. در پیوند ساده، نخست عددی تصادفی در فاصله بین $[1, L_c-1]$ انتخاب می‌شود؛ سپس بیت‌های متناظر با آن در دو رشته‌ای که باید باهم ترکیب شوند، باهم عوض می‌شوند و به این ترتیب دو فرزند به‌وجود می‌آیند. عمل‌گر پیوند می‌تواند دو نقطه‌ای باشد؛ در این صورت دو نقطه به‌طور تصادفی انتخاب می‌شوند و عمل پیوند بین آن دو اتفاق می‌افتد. معمولاً احتمال وقوع پیوند بین دو زوج بین ۰/۶ تا ۱ انتخاب می‌شود[۱۵].

جهش

سومین عمل‌گر مهم در الگوریتم ژنتیک، جهش نام دارد. اگرچه عمل‌گرهای انتخاب و پیوند، جست‌وجوی مؤثری در فضای طراحی می‌کنند، اما گاهی باعث می‌شوند از بین خصوصیات مفید رشته‌ها بروند. عمل‌گر جهش، امکان دست‌یابی مجدد به این ویژگی‌های مثبتی را که در جمعیت نیست، فراهم می‌کند. رفتار عمل‌گر جهش به‌صورت ساده، به این نحو است که برای هر فرد در مجموعه (معمولاً بعد از پیوند) احتمال وقوع جهش که معمولاً کم‌تر از دو درصد است، بررسی شده، چنان‌چه باید جهش انجام شود، نقطه‌ای در کروموزوم به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شود و مقدار آن از صفر به یک و یا برعکس تبدیل می‌شود[۱۶].

هم‌گرایی

مسأله بهینه‌سازی کلی در حالت عمومی خود حل نشدنی است، بنابراین در زمان محدود نمی‌توان انتظار داشت به بهینه کلی تابع دست پیدا کرد؛ با این حال معمولاً علاقه داریم که به‌عنوان عاملی اطمینان‌بخش، الگوریتم بهینه‌سازی ما با احتمال یک به بهینه کلی تابع هم‌گرا شود. ردلف[۱۷] در مقاله خود به بررسی رفتار الگوریتم ژنتیک ساده از لحاظ هم‌گرایی پرداخته است. تحلیل ردلف نشان می‌دهد که الگوریتم ژنتیک ساده در زمان بی‌نهایت به بهینه کلی خود هم‌گرا نمی‌شود. این نتیجه چندان نگران‌کننده نیست، زیرا اولاً الگوریتم همیشه در زمان محدود اجرا می‌شود و در نتیجه معمولاً ناچاریم به تقریب بهینه کلی اکتفا کنیم. دوماً، این نتیجه به آن معنا نیست که الگوریتم هرگز به بهینه کلی خود نمی‌رسد بلکه به این معنی است که الگوریتم به بهینه کلی می‌رسد و از آن خارج می‌شود. در واقع به‌طور متوسط این پیشامد در زمان محدود رخ می‌دهد. در زمان بی‌نهایت، الگوریتم بی‌نهایت بار به بهینه کلی می‌رسد و از آن خارج می‌شود. مسأله‌ای که از هم‌گرایی الگوریتم در بی‌نهایت مهم‌تر است، زمانی است که باید صرف شود تا الگوریتم برای اولین بار، به بهینه کلی برسد. با توجه به نکته‌ای که در مورد محدود بودن زمان متوسط عبور الگوریتم از بهینه کلی بیان شد، ردلف نشان داد که اگر بهترین فرد جمعیت در طول اجرای الگوریتم در حافظه‌ای جدا از جمعیت ذخیره شود، الگوریتم در زمان بی‌نهایت به بهینه کلی هم‌گرا می‌شود. بهترین فرد را می‌توان در یکی از دو مرحله قبل و یا بعد از انتخاب در جمعیت یافت و ذخیره کرد[۱۸]. قبل از مطالعه ردلف، چند بررسی دیگر در این زمینه انجام شده است؛ در این بررسی‌ها، نویسندگان به حالت‌های کلی‌تری از الگوریتم‌های بهینه‌سازی با عنوان الگوریتم «ژنتیک انتزاعی» توجه کرده و نشان داده‌اند که با استفاده از «انتخاب نخبه‌گر» می‌توان در زمان بی‌نهایت به بهینه کلی تابع رسید[۱۸]. در شکل ۱، فلوچارت الگوریتم ژنتیک که خلاصه‌ای از آن را نشان می‌دهد، نشان داده شده است. (شکل ۱)

ب. الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات

الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO) اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط کندی و ابرهارت[۱۹] بر اساس رفتار اجتماعی دسته‌های پرندگان و ماهی‌ها طراحی و مدل شد. این الگوریتم، یک تکنیک بهینه‌سازی است که بر پایه‌ی جمعیتی از پاسخ‌های اولیه عمل می‌کند. الگوریتم PSO یکی از مهم‌ترین و بهترین الگوریتم‌هایی است که در حوزه‌ی هوش مصنوعی معرفی شده است. این روش در بسیاری موارد شبیه به تکنیک‌های محاسباتی تکاملی مانند الگوریتم‌های ژنتیک عمل می‌کند. در این الگوریتم، هر ذره نماینده یک جواب مسأله است که به‌طور تصادفی در فضای مسأله در حرکت می‌باشد. تغییر مکان هر ذره در فضای جست‌وجو تحت تأثیر خود و همسایگانش است. بنابراین موقعیت ذرات دیگر روی چگونگی حرکت و جست‌وجوی ذره اثر می‌گذارد. اساس کار الگوریتم بر این اصل استوار است که هر ذره مکان خود را در فضای جست‌وجو با توجه به بهترین مکانی که تاکنون در آن قرار گرفته و بهترین مکانی که در کل همسایگی‌اش وجود دارد، تنظیم می‌کند. موقعیت اولیه‌ی هر ذره به‌صورت تصادفی در فضای جست‌وجو

با یک توزیع یکنواخت در محدوده تعریف مسأله تعیین می‌شود[۲۰].

هر ذره به‌صورت چند بعدی (بسته به طبیعت مسأله) با دو مقدار $x_i^d(t)$ و $v_i^d(t)$ که به‌ترتیب معرف وضعیت مکانی و سرعتی مربوط به بعد dام از iامین ذره می‌باشند، تعریف می‌شوند. در زمان‌های بعد، موقعیت هر ذره بر مبنای تجربه خودش و نیز همسایگانش تعیین می‌شود. اگر $x_i^d(t)$ موقعیت بعد dام ذره‌ی i در زمان t باشد، موقعیت بعدی ذره از جمع موقعیت بعد dام ذره‌ی i در زمان t با سرعت ذره‌ی i به دست می‌آید. ذرات از طریق بردار سرعت هدایت می‌شوند. در بردار سرعت هم، نتیجه تجربه‌ی اجتماعی ذره‌های همسایه و هم تجربه‌ی فردی هر ذره دخیل است. هر ذره سرعت خود را ترکیب خطی از جزء فردی که نشان‌دهنده استفاده از دانش و تجربه‌ی شخصی است و جزء اجتماعی که بیان‌گر تجربیات همسایه‌ها می‌باشد، به‌روزرسانی می‌کند. در جزء فردی، بهترین موقعیت ذره‌ی pbest که ذره تا آن لحظه به آن دست یافته و در جزء اجتماعی، بهترین موقعیتی که کل ذرات gbest به آن دست یافته‌اند، لحاظ می‌شود[۱۸]. هر ذره برای رسیدن به بهترین جواب سعی می‌کند تا موقعیت خود را با استفاده از اطلاعات و روابط زیر تغییر دهد:

موقعیت کنونی $x_{ij}(t)$، سرعت کنونی $v_{ij}(t)$، فاصله بین موقعیت کنونی و pbest، فاصله‌ی موقعیت کنونی و gbest. به این‌صورت، سرعت هر ذره طبق رابطه‌ی زیر تغییر خواهد کرد

$$v_{ij}(t+1)=w.v_{ij}(t)+c_1.r_1\left(pbest_{ij}(t)-x_{ij}(t)\right)+c_2.r_2\left(gbest_j(t)-x_{ij}(t)\right)$$

که در آن $v_{ij}(t)$، بعد jام هر ذره در تکرار tام است، c_2 و c_1 ثابت‌های مثبتی می‌باشند که برای وزن‌دهی به اجزا خودی و جمعی استفاده و ضرایب شتاب نامیده می‌شوند. r_2 و r_1 اعداد تصادفی با توزیع بین صفر و یک بوده‌اند که خاصیت تصادفی‌بودن الگوریتم را حفظ می‌کنند. W نیز پارامتر وزن اینرسی می‌باشد. موقعیت جدید هر ذره از مجموع موقعیت گذشته و سرعت جدید به‌دست می‌آید که بر طبق رابطه‌ی زیر تعیین می‌شود [۹]:

$$x_{ij}(t+1)=x_{ij}(t)+v_{ij}(t+1) \qquad (۲)$$

در شکل ۲، فلوچارت الگوریتم PSO که خلاصه‌ای از آن را نشان می‌دهد، نشان داده شده است. (شکل ۲)

برای استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و PSO می‌بایست مقادیر ثابتی را به‌منظور شروع اولیه این الگوریتم‌ها تا حصول به مقدار هم‌گرایی موردنظر تعریف کرد. پارامترهای استفاده‌شده در الگوریتم ژنتیک و الگوریتم PSO برای تخمین ضرایب بر اساس مطالعات تجربی، در جدول ۱ ارائه شده است. (جدول۱)

یافته‌ها

با توجه به این‌که هدف اصلی این پژوهش پیش‌بینی مقادیر آتی سرانه مخارج بهداشتی در ایران تا افق ۱۴۲۰ بود، به‌منظور مقایسه قدرت پیش‌بینی و انتخاب بهترین روش پیش‌بینی در بین توابع و مدل‌های شبیه‌سازی‌شده، از معیارهای مختلفی از جمله چهار معیار میانگین مربع خطای استاندارد (MSE)، مجذور میانگین مربع خطای استاندارد (RMSE)، میانگین قدرمطلق خطا (MAE) و میانگین درصد قدرمطلق خطا (MAPE) استفاده شد (متناسب با روابط زیر). با توجه به این‌که هرکدام از این معیارها به اختلاف مقادیر مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده (میزان خطای آماری) می‌پردازند و تأییدکننده یکدیگر نیز می‌باشند، لذا مدل و تابعی با استفاده از این معیارها انتخاب می‌شود که دارای کم‌ترین میزان خطای آماری و بالاترین قدرت پیش‌بینی باشد.

$$\mathrm{MSE}=\frac{\sum_{i=1}^{n}(E_i^{\,observed}-E_i^{\,simulated})^2}{n} \qquad (۳)$$

$$\mathrm{RMSE}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(E_i^{\,observed}-E_i^{\,simulated})^2}{n}} \qquad (۴)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| E_i^{observed} - E_i^{simulated} \right|}{n} \quad (۵)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| \frac{E_i^{observed} - E_i^{simulated}}{E_i^{observed}} \right|}{n} \quad (۶)$$

در روابط فوق، n بیان‌گر تعداد مشاهدات است.

با بررسی و مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی توابع فوق، توسط الگوریتم‌های ژنتیک و PSO، نتایج زیر به‌دست آمد: (جدول ۲)

بر اساس نتایج جدول (۲)، مدل نمایی نسبت به دو مدل خطی و درجه دوم دارای کم‌ترین معیارهای اندازه‌گیری در هر دو الگوریتم ژنتیک و PSO می‌باشد. در نتیجه این مدل از نتایج بهتر و دقت پیش‌بینی بالاتری برخوردار می‌باشد و برای پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هم‌چنین، بر اساس نتایج جدول (۲)، مقدار عددی خطای پیش‌بینی همواره در الگوریتم PSO، کم‌تر از الگوریتم ژنتیک می‌باشد. بر این اساس می‌توان گفت که تابع سرانه مخارج بهداشتی شبیه‌سازی‌شده توسط الگوریتم PSO با فرم نمایی، با توجه به معیارهای اندازه‌گیری، بهترین مدل است و بنابراین، برای پیش‌بینی خارج از نمونه تا سال ۱۴۲۰ انتخاب و برگزیده می‌شود.

برای انجام پیش‌بینی خارج از نمونه می‌بایست راجع‌به مقادیر متغیرها اقدام به سناریوسازی شود. با توجه به مقدار متوسط رشد متغیرها در دوره‌ی مورد بررسی ۱۳۹۴-۱۳۵۸، این سناریوسازی انجام می‌شود. بر اساس این سناریوسازی، نتایج پیش‌بینی در جدول (۳) و شکل (۳) ارائه شده است. نتایج پیش‌بینی نشان‌دهنده آنست که سرانه مخارج بهداشتی در ایران با شیب مثبتی تا سال ۱۴۲۰ افزایش خواهد یافت. (جدول و شکل ۳)

بحث و نتیجه‌گیری

شناسایی روند آتی مخارج بهداشتی به‌لحاظ اتخاذ تدابیر لازم برای تأمین مالی آن و تخصیص بهینه‌تر منابع مالی به سایر بخش‌های کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا در این مقاله، با استفاده از داده‌های آماری سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۵۸ و بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO) به شبیه‌سازی تابع سرانه مخارج بهداشتی و پیش‌بینی آن در ایران تا افق ۱۴۲۰، در سه شکل تبعی نمایی، خطی و درجه دوم پرداخته شده است. نتیجه این شبیه‌سازی نشان داد که الگوریتم PSO با دقت بیشتری تابع مخارج بهداشتی را شبیه‌سازی می‌کند و همچنین از بین فرم‌های مختلف تبعی، شکل تابع نمایی تابع مخارج بهداشتی با کارآیی بیشتری قادر به پیش‌بینی مقادیر آتی سرانه مخارج بهداشتی در ایران خواهد بود. بر این اساس، با استفاده از الگوریتم PSO، میزان مخارج دفاعی در افق ۱۴۲۰ پیش‌بینی و محاسبه شده است. نتایج پیش‌بینی نیز نشان‌دهنده آنست که سرانه مخارج بهداشتی در ایران با شیب مثبتی تا سال ۱۴۲۰ افزایش خواهد یافت. به‌گونه‌ای که میزان این مخارج از مقدار ۱۰۸۱ دلار (بر اساس قیمت‌های ثابت سال ۲۰۱۱) در سال ۱۳۹۴ به میزان ۲۶۲۸ دلار در سال ۱۴۲۰ خواهد رسید (چیزی حدود ۲/۵ برابر). توجه به این موضوع و مقادیر پیش‌بینی‌شده در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی و سلامت برای آینده کشور، از اهمیت خاص و قابل توجه‌ای برخوردار است.

در این راستا، راسل و اردلان[۲۱] با تأکید بر موضوع سالمندی و این که ایران نیز مانند سایر کشورها طی دهه‌های آینده با افزایش جمعیت سالمند مواجه خواهد بود، نشان داده‌اند که به شرط ثابت‌بودن سایر متغیرها، افزایش رشد جمعیت سالمندی منجر به افزایش هزینه سرانه سلامت تا سال ۲۰۵۰ میلادی به میزان ۲/۵ برابر خواهد شد. سیدزاده‌آبرس و همکاران[۲۲] به کمک یک مدل سیستم پویا پیش‌بینی کرده‌اند که در سال‌های آینده (افق ۱۴۰۰) سهم مخارج بهداشتی دولت بیش‌تر از سهم بخش خصوصی باشد و هم‌چنین پرداخت هزینه‌های بهداشتی خانوارها با کاهش مواجه شود. چابونی و ابدنادهر[۲۳] با استفاده از روش‌های پیش‌بینی نشان داده‌اند که مخارج بهداشتی در کشور تونس هم‌زمان با افزایش درآمد سرانه در این کشور، با

شیب مثبتی تا سال ۲۰۲۰ افزایش خواهد یافت. دیلمن و همکاران[۲۴] با استفاده از داده‌های آماری ۱۸۴ کشور جهان طی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۹۵، پیش‌بینی کرده‌اند که مخارج بهداشتی جهان از مقدار ۹/۲۱ تریلیون دلار در سال ۲۰۱۴ به مقدار ۲۴/۲۴ تریلیون دلار در سال ۲۰۴۰ خواهد رسید که بیش‌ترین میزان رشد این مخارج مربوط به کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط با میانگین نرخ رشد سالیانه حدود ۵/۳ درصد می‌باشد.

همان‌طور که نتایج این مطالعات و مطالعه حاضر نشان می‌دهد، افزایش روزافزون هزینه‌های نظام‌های سلامت در سراسر دنیا به یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران و تصمیم‌گیران نظام‌های سلامت تبدیل شده است. گسترش مداوم فن‌آوری‌های جدید و گران‌قیمت سلامت، افزایش انتظارات جوامع از نظام‌های سلامت همراه با گسترش سطح درآمد و توسعه‌یافتگی و رشد بیماری‌های مزمن و سخت درمان در میان مردم همراه با افزایش میزان سالمندی، از دلایل مهم این رشد شدید بوده است. بر اساس نتایج این مطالعه نیز نظام سلامت ایران هم‌چون سایر نظام‌های سلامت، با چالش افزایش شدید هزینه‌ها در آینده روبه‌رو است.

بر این اساس و با توجه به مقادیر پیش‌بینی‌شده مخارج بهداشتی سرانه تا افق ۱۴۲۰، سیاست‌گزاران بایستی تدابیر لازم را برای تأمین مالی مخارج بخش سلامت در کشور اتخاذ کنند. سیاست‌گذاران با شناخت کافی از تأثیر عوامل مهم و کلیدی از جمله تولید ناخالص داخلی و درآمد خانوارها، عدم تعادل درون بخشی و بین بخشی به‌ویژه منابع و مصارف دولتی از یک‌سو و مطالبات بیمه‌های درمانی از سوی دیگر و آلودگی محیط زیست که منجر به پیامدهای ناگوار در حوزه سلامت و بالتبع افزایش مخارج سلامت شده، می‌توانند اقدام به نظام‌سازی حوزه‌ی سلامت، خاصه بیمه‌های درمانی و اقتصاد مالی از حیث تحول بنیادین نمایند. علاوه بر این، توجه به مفاد سیاست‌های کلی سلامت و قانون برنامه ششم که مجموعه‌ای کامل از راهکارهای اصلاحی در حوزه نظام سلامت با رویکرد مدیریت ارائه خدمت و کنترل هزینه‌ها از جمله موارد تأمین منابع مالی پایدار برای بخش سلامت و توسعه کمّی وکیفی بیمه‌های سلامت و مدیریت منابع سلامت از طریق نظام بیمه‌ای را پیش‌بینی کرده است، می‌تواند در این زمینه مؤثر و مفید باشد.

جدول ۱ - پارامترهای مورد استفاده در الگوریتم‌های ژنتیک و PSO

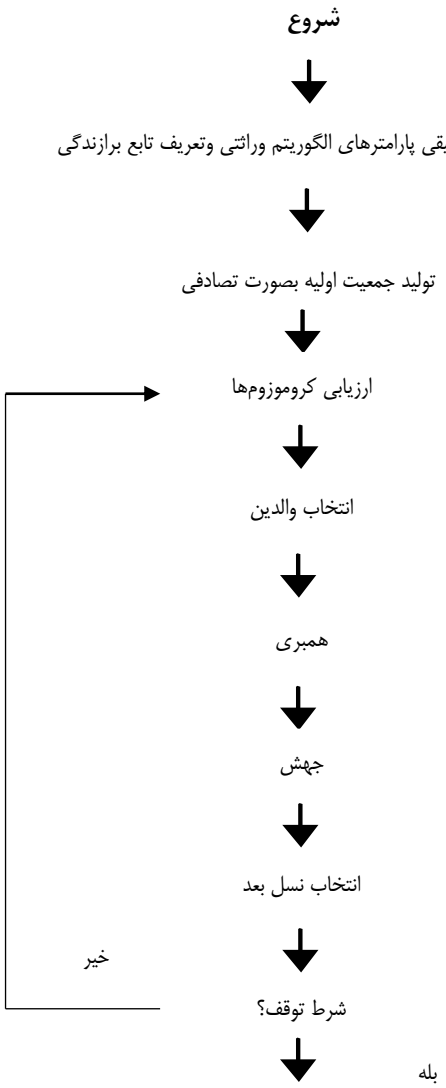
الگوریتم ژنتیک		الگوریتم PSO	
پارامتر	اندازه	پارامتر	اندازه
جمعیت اولیه	۵۰	اندازه ذرات (n)	۵۰
تعداد نسل	۱۰۰	وزن اینرسی (w)	۰/۹۹۵
احتمال عمل‌گر همبری (Pc)	۰/۹۰۰	ماکزیمم تعداد تکرار (t)	۱۰۰
احتمال عمل‌گر جهشی (Pc)	۰/۰۰۵		

جدول ۲ - مقایسه معیارهای اندازه‌گیری برای سه معادله خطی، نمایی و درجه دوم در الگوریتم‌های ژنتیک و PSO

نوع الگوریتم	انواع مدل	معیارهای اندازه‌گیری			
		MSE	RMSE	MAE	MAPE
ژنتیک	خطی	۸/۲۱۲۵	۴/۴۴۳۱	۱/۸۱۸۵	۰/۰۸۱۲
	درجه دوم	۵۵۶۸۸/۱۲۰۱	۶۹۰/۲۵۳۹	۱۵۵/۹۳۵۷	۱۴/۲۷۸۱
	نمایی	۶/۸۱۸۱	۲/۵۸۰۴	۱/۲۸۸۱	۰/۰۶۹۲
PSO	خطی	۳/۲۱۲۸۸	۲/۰۰۷۸	۰/۹۵۵۱۲	۰/۰۵۱۲
	درجه دوم	۷۱۲۱/۵۵۱۹	۸۱/۱۸۸۹	۸/۸۵۹۶	۳/۱۵۴۹
	نمایی	۲/۴۰۸۸	۱/۵۵۲۲	۰/۶۱۲۷	۰/۰۴۹۹

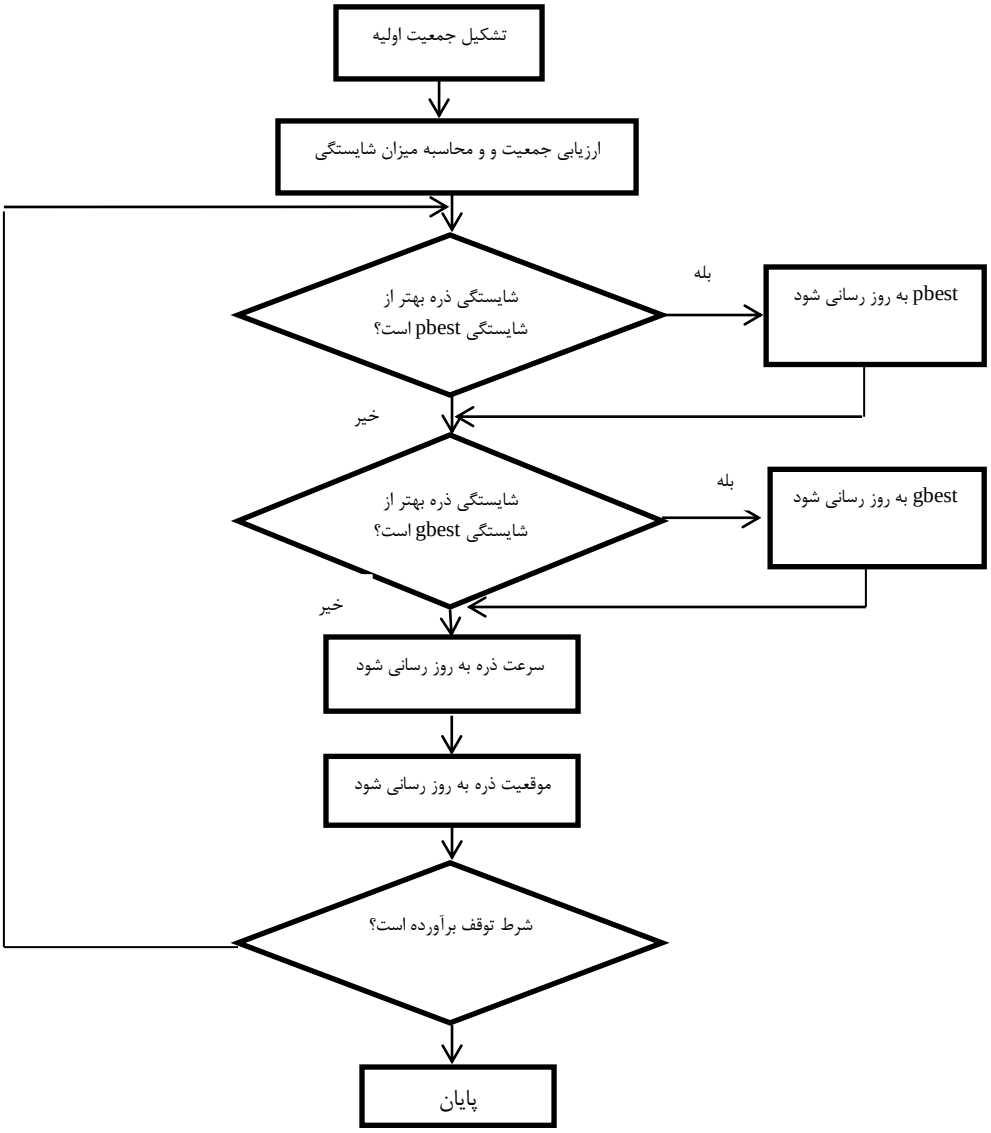
جدول ۳ - پیش‌بینی خارج نمونه مخارج بهداشتی سرانه ایران

سال	مخارج بهداشتی سرانه (ارقام به دلار)
۱۳۹۷	۱۳۳۲/۱۱۸
۱۳۹۸	۱۳۸۸/۲۵۲
۱۳۹۹	۱۴۰۶/۵۵۸
۱۴۰۰	۱۴۶۸/۵۵۲
۱۴۰۱	۱۴۵۵/۶۶۱
۱۴۰۲	۱۴۹۰/۴۱۴
۱۴۰۳	۱۵۵۸/۸۱۲
۱۴۰۴	۱۶۰۶/۵۱۸
۱۴۰۵	۱۶۸۵/۱۶۵
۱۴۰۶	۱۷۵۹/۶۰۱
۱۴۰۷	۱۷۸۲/۲۰۲
۱۴۰۸	۱۸۶۴/۹۷۶
۱۴۰۹	۱۸۹۵/۴۱۸
۱۴۱۰	۱۹۴۰/۶۸۴
۱۴۱۱	۲۰۰۶/۵۲۱
۱۴۱۲	۲۰۵۱/۱۰۱
۱۴۱۳	۲۱۲۶/۱۲۸
۱۴۱۴	۲۲۱۰/۵۸۸
۱۴۱۵	۲۲۶۲/۸۹۵
۱۴۱۶	۲۳۱۵/۶۳۹
۱۴۱۷	۲۴۰۸/۴۵۵
۱۴۱۸	۲۴۸۸/۱۱۲
۱۴۱۹	۲۵۴۴/۴۱۸
۱۴۲۰	۲۶۲۸/۱۴۴



شکل ۱ – فلوچارت الگوریتم ژنتیک

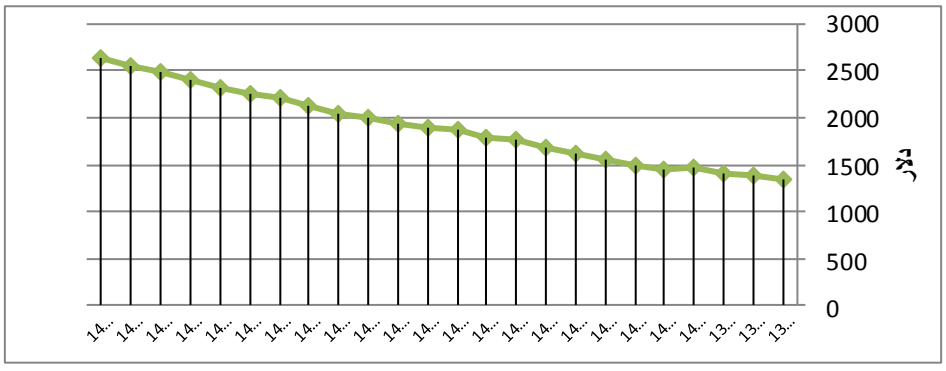
ماخذ: جلائی اسفندآبادی و همکاران[۱۰]



شکل ۲ - فلوچارت الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات

مأخذ: بهمنی و همکاران [۲۰]

شکل ۳ - روند پیش‌بینی‌شده سرانه مخارج بهداشتی طی سال‌های ۱۴۲۰-۱۳۹۷



Reference:

1- Mohseni M .Medical sociology. 5 ed. 5nd, editor. Tehran: Tahori Publication; 2009. [In Persian]

2- Alizadeh M and Golkhandan, A. Robust determinants of health sector costs in Iran: Bayesian model averaging approach. Journal of Health Care Management, 2017; 7(2): 47-61. [In Persian]

3- Newhouse J. Medical care expenditures; a cross national study, J Hum Resource, 1977; 12: 10-26.

4- Magazzino C and Mele M. The Determinants of health expenditure in Italian regions, International Journal of Economics & Finance, 2012; 4(3): 61-72.

5- Wang Z. The determinants of health expenditures: evidence from US state-level data, Applied Economics, 2009; 41(4), 429-435.

6- Ang J. B. The determinants of health care expenditure in Australia, Applied Economics Letters, 2009; 17(4): 639-644.

7- Bilgel F and Tran KC. The determinants of Canadian provincial health expenditures: evidence from a dynamic panel, 2012; 45(2): 201-212.

8- Fattahi M, Osari A, Sadegi H and Asgharpur H. Effects of air pollution on public spending for health: Comparative developing and developed countries, Journal of Economic Development, 2013; 3(11): 111-132. [In Persian]

9- Rezaei S, Dindar A, Rezapour A. health care expenditures and their determinants: Iran provinces (2006-2011), Journal of Health Administration, 2016; 19(63): 81-90. [In Persian]

10- Jalaei Esfandabadi A, Taleghani F, Mangali H and Aramesh H. Simulation and forecasting of non-oil exports to 1404 horizons, Quarterly journal of Economic Strategy, 2013; 4: 147-166. [In Persian]

11- Holland J H. Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press; 1975.

12- Ghanbari A, Khezri M and Azami A. Simulation of oil and gas demand function in Iran's land transport using an algorithmic genetic method, Quarterly Journal of Quantitative Economics, 2008; 4: 157-177. [In Persian]

13- Chakraborty M and Chakraborty UK. An analysis of linear ranking and binary tournament selection in genetic algorithms, Communications and Signal Processing, 1997; 1: 407-411.

14- Goldberg DE. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning; 1989.

15- Coir DW and Smith AE. Using a neural network as a function evaluator during GA search for reliability optimization, In Proceedings of the Artificial Neural Networks in Engineering, 1995; 5: 369-374.

16- Charbonneau P. An introduction to genetic algorithms for numerical optimization, NCAR Technical Note; 2002: 74.

17- Rudolph G. Convergence properties of canonical genetic algorithms, IEEE Transactions on Neural Networks, 1994; 1(5): 96–101.

18- Reeves CR, Scott D and Harrison A. Applying genetic algorithms to container transshipment, Artificial Neural Nets and Genetic Algorithms; 2003: 234-238.

19- Kennedy J and Eberhart R. Particle swarm optimization, Proc. Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks; 1995.

20- Bhmani M, Ghaseminejad A, Karimian A.K and Aramesh H. Simulation of the electric power demand in agricultural sector using the

particle swarm algorithm, Journal of Agricultural Economics Research, 2014; 6(2): 1-11. [In Persian]
21- Rasel M and Ardalan A. The future of ageing and its health care costs: a warning for health system, sija, 2007; 2(2): 300-305. [In Persian]
22- Seyedzadehabras S, Delavari M and Babakhani M. The factors affecting on Iran's health expenditure and forecasting based on dynamic systems model, Hakim Health Sys Res, 2018; 20(4): 240- 250. [In Persian]
23- Chaabouni S and Abednnadher C. Modelling and forecasting of Tunisia's health expenditures using artificial neural network and ARDL models. Int J Med Sci Public Health, 2013; 2(3): 495-503.
24- Dieleman JL, Campbell M, Chapin A, et al. Future and potential spending on health 2015-40: development assistance for health, and government, prepaid private, and out-of-pocket health spending in 184 countries. Lancet, 2017; 389(10083): 2005-2030.

Received: 2/ Feb/ 2019, Modified: 14/ Apr/ 2019, Accepted: 18/ Apr / 2019

The Prediction of Iran's Per Capita Health Expenditures up to 2041 Horizon Using the Genetic and Particle Swarm Optimization Algorithms

Golkhandan A[1], Sahraei S[2]

Abstract

Introduction: prediction the per capita health expenditures can be useful and effective in determining the best policies for financing and managing of health expenditures. Accordingly, the main objective of this study was to predict the per capita health expenditures trend in Iran.

Methods: In this paper, we specified a health expenditure model relying on theoretical basics in order to obtain desirable forecasts. On the basis of three forms of linear, exponential and quadratic equations and using theoretical foundations in the field of per capita health expenditure function, we used genetic algorithm (GA) and particle swarm optimization (PSO) algorithm to simulate Iranians per capita health expenditure during 1979-2015. Then we selected the superior model in terms of prediction power criteria and forecast per capita health expenditure until 2041. Also, the statistical analyzes were performed using the MATLAB software version R2016b.

Results: The predicted results indicate that per capita health expenditures in Iran will increase with a positive slope by 2041. The amount of this expenditure will be from $ 1081 (based on 2011 constant prices) in 2015 to $ 2628 in 2041 (about 2.5 times).

Conclusion: With regard to the projected amount of per capita health expenditures up to 2041 horizon, policy makers in the health sector should take the necessary measures to finance the expenditures of this sector.

Keywords: Health Expenditure, Prediction, Genetic Algorithm (GA), Particle Swarm Optimization (PSO), Iran.

1- Ph.D. Economics, Faculty of Economics and Administrative, Lorestan University, Khoram Abad, Iran, (Corresponding Author), golkhandana@gmail.com

2- M.A Economics, Science and Research Branch Khuzestan, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran