

مدل سازی کارآیی بانک ها به روش داده های پوششی و برنامه نویسی ژنتیک

علیرضا بحیرایی^۱

رضا حامدی^۲

حمیرا علی نیا^۳

یاسمن صناعی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۳۱

چکیده

ارزیابی عملکرد سازمان ها در جهت گیری تصمیمات استراتژیک آتی آنها نقش اساسی دارد. کارایی یکی از مهم ترین شاخص های ارزیابی عملکرد بهینه واحدهای اقتصادی است. بانک ها یکی از مهم ترین واحدهای اقتصادی هستند که می توانند با عملیات وسیع بانکی شرایط مناسبی را برای رشد و پیشرفت در بخش های مختلف اقتصاد یک کشور فراهم آورند. لذا به همان نسبت که بانک های سالم و کارا می توانند به رشد اقتصادی کشور کمک نمایند، عملکرد نادرست و ناسالم آنها نیز می تواند بحران هایی ایجاد نماید. از این رو در این مقاله میزان کارایی تکنیکی بانک های کشور با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده ها (DEA) طی دوره زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۱ اندازه گیری شده و بانک هایی که با ترکیب نهاده های معین به میزان بهتری از ستانده ها دست یافته اند (بانک های کارا) مشخص گردیده اند. سپس به مدل سازی کارایی تکنیکی سیستم بانکی در طی بازه زمانی مورد مطالعه با استفاده از برنامه نویسی ژنتیک پرداخته شده است. در این مقاله سعی خواهیم نمود تا ضمن بررسی عملکرد بانک ها و مقایسه آن با هم مورد مطالعه و از ابتدای سال ۱۳۹۱ تا انتهای سال ۱۳۹۶ تحلیل تطبیقی مناسبی را در این زمینه ارائه دهیم. در نهایت کارایی تکنیکی

^۱ استادیار رشته ریاضیات مالی دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر، دانشگاه سمنان (نویسنده مسئول)
alireza.bahiraie@semnan.ac.ir

^۲ فارغ التحصیل کارشناسی ارشد ریاضیات مالی دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر دانشگاه سمنان
reza.hamedi@yahoo.com

^۳ فارغ التحصیل کارشناسی ارشد ریاضیات مالی دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر دانشگاه سمنان
h_aliniaaa@yahoo.com

^۴ استادیار دانشکده فناوری نوین دانشگاه اصفهانی
yasaman_sanayei@gmail.com

تحت‌بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و بازدهی نسبت به مقیاس متغیر و با ماهیت خروجی محور مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

کلمات کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، بازدهی نسبت به مقیاس، کارایی بهینه، بانک‌های کشور
طبقه‌بندی JEL: C61, C67, E59, H21

مقدمه

به دنبال تکامل دانش بشر در علم اقتصاد، توجه به کارایی واحدهای اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این میان، کارایی بانک‌ها که یکی از مهم‌ترین نهادهای هر نظام اقتصادی می‌باشند درخور توجه است. بانک‌ها به عنوان مؤسسات مالی نقش به‌سزایی در گردش پول و ثروت جامعه به‌عهده دارند. از این‌رو فعالیت کارا و مؤثر آنها می‌تواند در رشد بخش‌های مختلف اقتصادی و افزایش سطح کمی و کیفی تولیدات و خدمات اثرات مطلوبی برجای گذارد. یکی از روش‌های مطرح که در سنجش کارایی کاربرد دارد روش تحلیل پوششی داده‌ها^۱ است. این روش برای ارزیابی عملکرد از مشاهدات گذشته تأثیر می‌گیرند. این رویکرد به نتایج جدیدی منجر می‌شود که در سایر قسمت‌های برنامه‌ریزی قابل به‌کارگیری است. همچنین این استفاده از برنامه‌ریزی خطی به اصول جدیدی در استنتاج از داده‌های تجربی منجر می‌شود که راهنمای ما برای محاسبه بهترین برآورد برای هر فعالیت مشاهده شده در مجموعه فعالیت‌ها است. این شیوه با روش معمول در میانگین‌گیری از مشاهداتی که مشخصه روش‌های آماری و حسابداری است مغایر است. این برآوردها به شکلی منابع ناکارایی هر ورودی و خروجی را برای هر فعالیت مشخص می‌کنند. در عین حال یک اندازه کلی از کارایی هر واحد یا فعالیت مورد نظر را ارائه می‌دهد (بحیرایی و همکاران، ۲۰۰۹).

در این بخش تحقیق به بیان کلیات و مفاهیم کارایی و تحقیقات انجام گرفته در این زمینه می‌پردازیم، در بخش بعدی به ارائه مدل و سنجش کارایی به‌وسیله روش DEA پرداخته شده و داده‌ها و نتایج کارایی به تفکیک سال مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در ادامه به مدل‌سازی شبکه بانکی در طی سال‌های مورد مطالعه توسط روش مدل‌سازی ژنتیک (GP) پرداخته خواهد شد و مرز بهینه کارایی تکنیکی به تفکیک هر پارامتر ورودی و خروجی در جداول مربوطه گزارش خواهد شد و سپس نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه می‌گردد. برای نمونه از داده‌های بانک‌های ایران برای نمایش فاصله مرز بهینه کارایی استفاده شده است. یکی از روش‌های مدل‌سازی پیشرفته نیز برنامه‌نویسی ژنتیک می‌باشد که در سالیان اخیر از توجه به‌سزای برخوردار گردیده است. از مزیت‌های این روش عدم اتکای آن به فروض کلاسیک پارامتریک در اجرا و نتایج غیرخطی است. جهت مدل‌سازی رفتار مالی بانک‌ها و شناسایی مرز بهینه کارایی، از برنامه‌نویسی ژنتیک برای اولین بار در کشور استفاده شده است که نتایج را در بخش‌های بعدی مشاهده خواهید نمود.

¹ Data envelopment analysis

۱. مفهوم کارایی و انواع آن

به طور کلی کارایی مفهومی نسبی است و مقایسه بین عملکرد واقعی و عملکرد ایده آل را نشان می دهد. کارایی عمدتاً در سه حوزه مهندسی، مدیریت و اقتصاد مطرح است. در اقتصاد مفهوم کارایی همان تخصیص بهینه منابع است. هر سازمانی مجموعه ای از ورودی ها را برای تولید تعدادی خروجی اعم از کالا یا خدمت استفاده می کند. برای مثال شعب بانک ها به عنوان واحدهای مشابه ورودی هایی همچون نیروی انسانی، میزان سپرده، امکانات، فضا و ... را به کار می گیرند تا خروجی هایی نظیر میزان اعطای تسهیلات و میزان ارائه خدمات و میزان سرمایه گذاری را تولید کنند (فقیه نصیری و همکاران، ۱۳۸۹).

هرچه یک واحد بتواند با ورودی کمتر خروجی بیشتری را تولید کند کاراتر است. بین دو واحد که میزان خروجی های مختلفی دارند الزاماً آن که خروجی بیشتری تولید می کند کاراتر نیست، چرا که امکان دارد این واحد خروجی بیشتر را به واسطه استفاده از ورودی ها و امکانات بهتر و بیشتری تولید کرده باشد. لذا در بحث کارایی مقادیر ورودی ها و خروجی ها ملاک نیستند، بلکه نسبت آنهاست که تعیین کننده است. معرفی انواع روش های اندازه گیری کارایی براساس روش فارل^۱ صورت می گیرد. وی پیشنهاد کرد که برای اندازه گیری کارایی یک بنگاه باید عملکرد آن با عملکرد بهترین بنگاه های موجود در آن صنعت مقایسه شود. فارل سه نوع کارایی برای بنگاه مطرح کرد. وی نظر خود را با یک مثال ساده از بنگاهی که با استفاده از دو عامل تولید X_1 و X_2 به تولید یک خروجی Y بر مبنای حداقل ورودی می پردازد، بیان کرد. انواع کارایی عبارتند از: کارایی تکنیکی^۲، کارایی تخصیصی^۳ و کارایی اقتصادی^۴ (علی اکبر درویشی ایوری، ۱۳۹۰).

۱-۱. کارایی تکنیکی

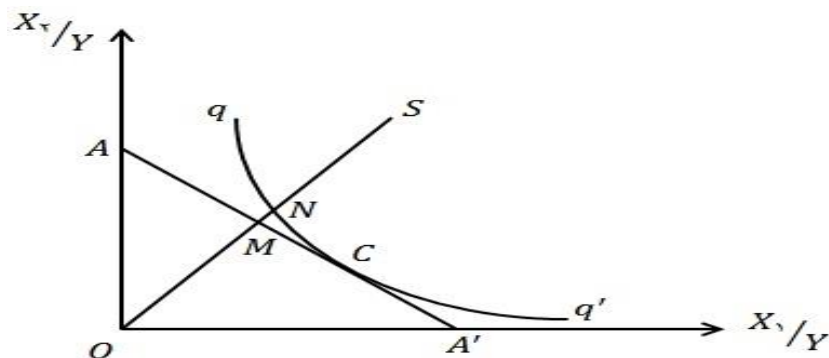
کارایی تکنیکی نشان دهنده توانایی بنگاه در کسب حداکثر محصول از مقدار معین ورودی ها، یا به عبارتی استفاده از حداقل ورودی ها برای دستیابی به میزان معین خروجی است. با توجه به شکل ۱، منحنی qq' منحنی هم مقداری تولید است که سطح تولید معینی از محصول را با استفاده از ترکیب های مختلفی از X_1 و X_2 به دست می دهد. اگر S نشان دهنده یکی از بنگاه ها باشد، کارایی تکنیکی آن که فاصله شعاعی از مبدأ می باشد به صورت زیر تعریف می شود:

^۱ Farrel (1957)

^۲ Technical Efficiency

^۳ Allocation Efficiency

^۴ Economic Efficiency



شکل ۱. انواع کارایی از دیدگاه

$$TE = \frac{ON}{OS}$$

اگر تولید بنگاه در سمت راست منحنی qq' انجام پذیرد، این واحد با عدم کارایی مواجه خواهد بود. این عدم کارایی تمام مواردی را که باعث می شود عملکرد واقعی واحد در سطحی کمتر از مقدار قابل حصول باشد را در برمی گیرد. نقطه N همان مقدار تولید را با به کارگیری عوامل کمتر حاصل می کند و روی منحنی قرار دارد. از این رو یک نقطه کارا است و توان واحد مورد بررسی را برای به دست آوردن حداکثر محصول از مجموعه عوامل تولید منعکس می کند. مقدار NS نیز نشان دهنده ناکارایی تکنیکی است (فقیه نصیری و همکاران، ۱۳۸۹).

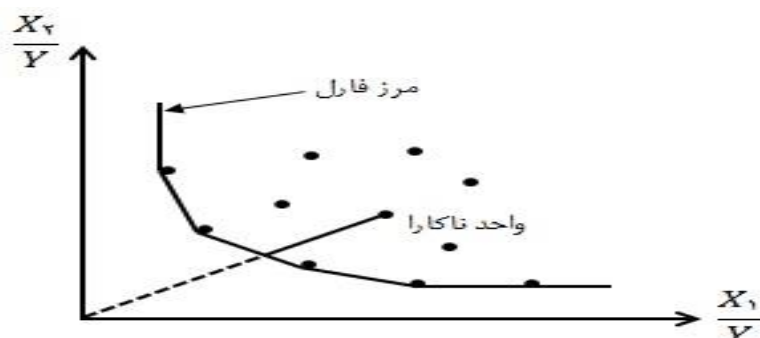
۲-۱. روش های محاسبه کارایی

تمامی تکنیک های محاسبه کارایی براساس تابع تولید استوار است. تابع تولید تابعی است که بیشترین خروجی ممکن را به ازای هر ورودی در یک سازمان مشخص می کند. در حالت کلی روش های تعیین تابع تولید به دو دسته روش های پارامتری و روش های ناپارامتری تقسیم می شوند (غلامرضا جهانشاهلو و همکاران، ۱۳۸۷).

۱-۲-۱. روش های ناپارامتری (تحلیل پوششی داده ها)

فارل در سال ۱۹۵۷ اولین روش ناپارامتری را جهت تعیین کارایی در حالت دو ورودی و یک خروجی ارائه نمود. او به جای برآورد تابع تولید، مرز کارای قطعه قطعه خطی را با اعمال فرض های زیر و با استفاده از تبدیل یک به یک $(\frac{x_{i1}}{y_i}, \frac{x_{i2}}{y_i}, 1) \rightarrow (x_{i1}, x_{i2}, y_i)$ به دست آورد. فرض اول این که شیب پاره خط ها منفی یا صفر است و فرض دوم این که هیچ واحدی بین مرز و مبدأ قرار نمی گیرد.

نقاطی که روی مرز قرار می گیرند نقاط کارا و بقیه نقاط ناکارا هستند. در ادامه محققانی نظیر چارنر و همکارانش دیدگاه فارل را توسعه داده و مدلی را ارائه نمودند که تحلیل پوششی داده ها (DEA) نام گرفت (محمدرضا مهرگان، ۱۳۸۳). علت مقبولیت گسترده این روش به سایر روش ها امکان بررسی روابط پیچیده و اغلب نامعلوم بین چندین ورودی و چندین خروجی است که در این فعالیت ها وجود دارد.



شکل ۲. مرز فارل

مدل های تحلیل پوششی داده ها به دو گروه عمده مدل های CCR و مدل های BCC تقسیم می شوند. پایه ای ترین مدل های تحلیل پوششی داده ها یعنی مدل های CCR کارایی را با فرض بازده نسبت به مقیاس ثابت^۱ می سنجند. این مدل ها اولین بار در سال ۱۹۷۸ در تعمیم روش فارل برای حالت چند ورودی و چند خروجی توسط چارنر، کوپر و رودز^۲ ارائه گردیدند. مدل های BCC نیز کارایی را با فرض بازده به مقیاس متغیر^۳ می سنجند. این مدل ها نیز اولین بار در سال ۱۹۸۴ توسط بنکر، چارنر و کوپر^۴ ارائه شدند. هم مدل های CCR و مدل های BCC به دو فرم مضرپی و پوششی وجود دارند.

در مدل CCR میزان کارایی مانند روش های پارامتری به صورت نسبت خروجی به ورودی تعریف می شود و واحدی که این نسبت برای آن بیشتر باشد کارا نامیده می شود. اگر وزن های u_i ($i = 1, 2, \dots, n$) را به ورودی ها و وزن های v_j ($j = 1, 2, \dots, m$) را به خروجی ها نسبت دهیم؛ لذا برای محاسبه این وزن ها باید یک مسأله کسری را حل کنیم. از آنجایی مدل کسری مدلی غیرخطی است برای سهولت در حل می توان آن را به مدل خطی زیر تبدیل نمود:

¹ Constant return to scale (CRS)

² Charnes, Cooper, Rhodes (CCR)

³ Variable return to scale (VRS)

⁴ Banker, Charnes, Cooper (BCC)

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \sum_{j=1}^m v_j y_{jk} \quad ; k = 1, 2, \dots, s \\
 & \text{s.t.} \sum_{i=1}^n u_i x_{ik} = 1 \\
 & \sum_{j=1}^m v_j y_{jk} \leq \sum_{i=1}^n u_i x_{ik} \\
 & \forall i, j \quad u_i, v_j \geq 0
 \end{aligned}$$

در این مدل وزن‌های ورودی‌ها و خروجی‌ها متغیر در نظر گرفته شده و در یک فضای رقابتی توسط مدل تعیین می‌شوند. از آنجایی که مدل بررسی شده کارایی را با تعیین وزن‌های ورودی و خروجی محاسبه می‌کند، به آن مدل وزنی یا مضربی می‌گویند [۱۲]. دوگان فرم مضربی مدل CCR، فرم پوششی این مدل نام دارد. نتیجه کارایی هر دو فرم یکسان است. ولی نتایج جانبی مختلفی از هر کدام به دست می‌آید. با محاسبه فرم پوششی، می‌توان واحدهای مرجع و اهداف مورد انتظار از واحدهای ناکارا را تعیین کرد. فرم پوششی مدل CCR با ماهیت خروجی محور^۱ نیز به صورت زیر قابل بیان است:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } \varphi \\
 & \text{s.t.} \sum_{k=1}^s \mu_k x_{ik} + s_i^- = x_{ip} \\
 & \sum_{k=1}^s \mu_k y_{jk} + s_j^+ = \varphi y_{jp} \\
 & \forall i, j, k \quad ; \mu_k, s_i^-, s_j^+ \geq 0
 \end{aligned}$$

s_i^- متغیر کمکی مربوط به محدودیت نام ورودی است که، نمایانگر مازاد در ورودی و s_j^+ متغیر کمکی مربوط به محدودیت نام خروجی را نمایش می‌دهد. اگر میزان کارایی بهینه در مدل ورودی محور برابر θ^* و در مدل خروجی محور برابر با φ^* باشد، آنگاه به صورت زیر با یکدیگر مرتبطاند:

^۱ در ماهیت خروجی محور، مرز کارایی را در جهت ماکزیمم کردن خروجی تا جایی که ورودی افزایش نیابد محاسبه می‌کنند. به عبارتی با ثابت نگه داشتن ورودی‌ها در همان سطح، همه خروجی‌های واحد مورد ارزیابی را به یک نسبت افزایش می‌دهند تا واحد مورد ارزیابی به مرز کارایی برسد. در این حالت خروجی‌ها باید به سطح $\varphi_k \geq 1$ برابر مقدار فعلی خود برسند.

$$\varphi^* = \frac{1}{\theta^*}$$

اگر در مدل پوششی CCR، $\theta^* = 1$ (در ماهیت ورودی محور) یا $\varphi^* = 1$ (در ماهیت خروجی محور) و در تمامی جواب های بهینه مقادیر متغیرهای کمکی برابر صفر باشند، آنگاه واحد تحت بررسی کارای قوی^۱ یا کارای پارتو است. در غیر این صورت کارای ضعیف می باشد [۳].

اگر به جای بازده نسبت به مقیاس ثابت، مدل را تحت بازده نسبت به مقیاس متغیر مورد بررسی قرار دهیم، مدل به دست آمده همان مدل BCC است. مجموعه امکان تولید در این مدل نسبت به CCR اضافه شدن قید $\sum_{k=1}^s \mu_k = 1$ به آن است. فرم مضربی این مدل در حالت خروجی محور به صورت زیر قابل بیان است:

$$\begin{aligned} \text{Max } & \sum_{j=1}^m v_j y_{jk} + v_0 \quad ; k = 1, 2, \dots, s \\ \text{s. t. } & \sum_{i=1}^n u_i x_{ik} = 1 \\ & \sum_{j=1}^m v_j y_{jk} + v_0 \leq \sum_{i=1}^n u_i x_{ik} \\ & \forall i, j \quad ; u_i, v_j \geq 0 \end{aligned}$$

دوگان فرم مضربی مدل BCC را نیز فرم پوششی این مدل می نامند که به صورت زیر بیان

می شود:

$$\begin{aligned} \text{Max } & \varphi \\ \text{s. t. } & \sum_{k=1}^s \mu_k x_{ik} + s_i^- = x_{ip} \\ & \sum_{k=1}^s \mu_k y_{ik} + s_j^+ = \varphi y_{jp} \\ & \sum_{k=1}^s \mu_k = 1 \\ & \forall i, j, k \quad ; \mu_k, s_i^-, s_j^+ \geq 0 \end{aligned}$$

حالت های مربوط به ماهیت ورودی محور^۲ را برای تمامی مدل های مطرح شده می توان مشاهده

کرد.

^۱ strongly Efficient

^۲ در ماهیت ورودی محور، فاصله یک واحد تا مرز کارایی به این شکل سنجیده می شود که سطح خروجی ها ثابت می ماند و سطح ورودی ها همگی با یک نسبت کاهش می یابد و به $\theta_k \leq 1$ برابر سطح ورودی های فعلی می رسد

۳-۱. مقدمه‌ای بر محاسبات تکاملی و برنامه‌نویسی ژنتیک^۱

امروزه یکی از مهم‌ترین زمینه‌های تحقیق و پژوهش، توسعه روش‌های جستجو بر مبنای اصول تکامل طبیعی است. اصول تکامل طبیعی با نظریه داروین که توسط چالز داروین درباره انتخاب طبیعی مطرح گردید، پایه‌گذاری شد. طبق این نظریه در هر برهه زمانی ارگانیسم‌های مختلف در کنار هم زیسته و باهم بر سر منابع طبیعی رقابت کرده‌اند. به این ترتیب ارگانیسم‌های موفق‌تر در کسب منابع طبیعی، توانسته‌اند با تولید مثل در آینده دارای تعداد بیشتری باشند، و ارگانیسم‌هایی که به هر دلیلی از ظرفیت و توان کمتری برخوردار بوده‌اند، یا منقرض شده و یا تعداد کمتری از آنها در طبیعت باقی مانده است (سید مصطفی کیا، ۱۳۸۸).

۱-۳-۱. برنامه‌نویسی ژنتیک

برنامه‌نویسی ژنتیک تعمیمی الگوریتم ژنتیک است که روی جمعیتی^۲ از برنامه‌های کامپیوتری اعمال می‌شود. در صورتی که الگوریتم ژنتیک معمولاً روی رشته‌ای از اعداد عمل می‌کند. برنامه‌نویسی ژنتیک در مقایسه با الگوریتم ژنتیک بهینه‌سازی بیشتری روی ساختارهای پیچیده دارد. از این رو می‌تواند در مسایل مختلف به کار برده شود.

GP یک روش سیستماتیک کامپیوتری برای حل خودکار مسایل است. به این ترتیب که از یک دستور سطح بالا^۳ شروع کرده و آنچه برای حل مسئله لازم است را انجام می‌دهد. به این ترتیب که ابتدا یک جمعیت از برنامه‌های کامپیوتری برای حل مسئله ایجاد کرده و با تکرار عمل تبدیل جمعیت به نسل‌های جدید و اعمال عملیات ژنتیک بر آن اقدام به حل مسئله می‌کند. عملیات ژنتیک عبارتند از: تلفیق^۴، جهش^۵، تولید مثل^۶، تکثیر ژن^۷ و حذف ژن^۸.

در GP سعی می‌شود که با استفاده از الگوریتم ژنتیک و مفهوم درخت تصمیم‌گیری^۹ برای کاربردهای خاص، به جای این که کد برنامه لازم را بنویسیم به کامپیوتر این امکان را بدهیم که تنها

تا واحد ناکارا روی مرز کارایی تصویر شود. در این ماهیت، واحد ناکارا با کاهش ورودی‌هایش تا سطح مطلوب، کارا می‌گردد.

¹ Genetic Programming

² population

³ high-level statement

⁴ Crossover

⁵ Mutation

⁶ Reproduction

⁷ Gene duplication

⁸ Gene deletion

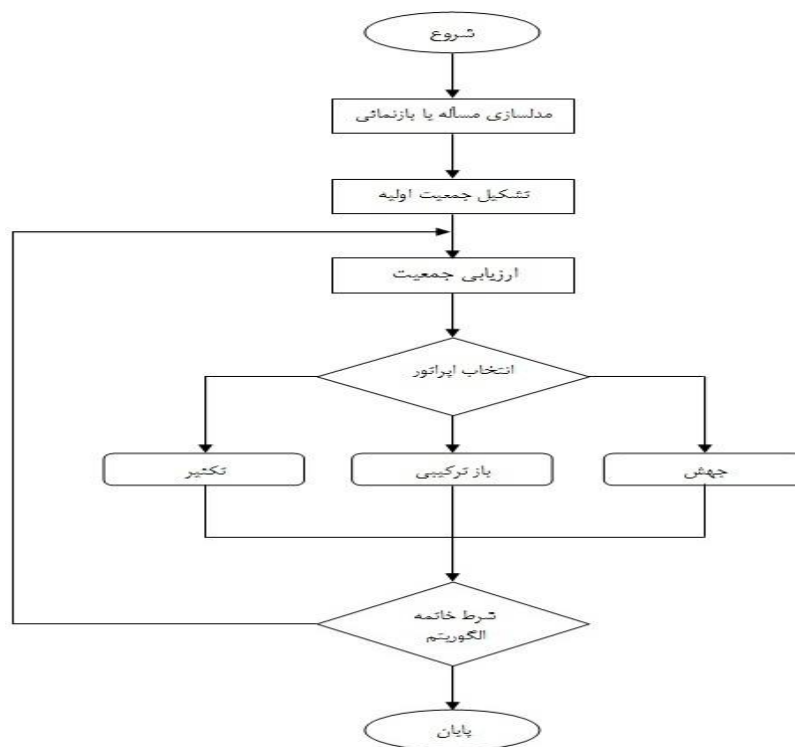
⁹ Decision tree

با دانستن مفهوم کلی از کار برنامه مورد نظر را برای ما آماده کند. درواقع یک دستور سطح بالا به کامپیوتر بدهیم و خود کامپیوتر اقدامات لازم برای اجرای برنامه مورد نظر را آماده کند، سپس برنامه را اجرا و خروجی مطلوب را به ما ارائه دهد. تفاوت این دو روش در نحوه نمایش جواب است. به این معنی که اولی برنامه‌هایی را به عنوان جواب تولید می‌کند. درحالی که دومی از یک رشته اعداد برای نمایش جواب استفاده می‌نماید. برنامه‌نویسی ژنتیک بسیار قوی‌تر از الگوریتم ژنتیک است. چرا که خروجی الگوریتم ژنتیک یک کمیت است، درحالی که خروجی برنامه‌نویسی ژنتیک یک مدل است. سیر GP برای حل مسایل شامل چهار مرحله زیر است:

۱. یک جمعیت اولیه از ترکیب تصادفی توابع و ترمینال‌ها برای مسأله ایجاد می‌کند؛
۲. هر برنامه را در جمعیت اجرا و مقدار تناسب^۱ آن را (اینکه چقدر خوب مسأله را حل می‌کند) تعیین می‌کند؛
۳. جمعیت جدیدی از برنامه‌های کامپیوتری را تولید می‌کند؛ یعنی:
 - بهترین برنامه‌های موجود را کپی می‌کند؛
 - برنامه‌های جدیدی را با عمل جهش ایجاد می‌کند؛
 - برنامه‌های جدیدی را با عمل ادغام تولید می‌کند؛
۴. بهترین برنامه کامپیوتری در هر نسل (بهترین جواب تا این مرحله) را به عنوان نتیجه ارائه می‌کند.

برای استفاده از برنامه‌نویسی ژنتیک در یک زمینه خاص، ابتدا می‌بایست توابع پایه‌ای که در آن زمینه مورد نیاز هستند توسط کاربر تعریف شوند، همچنین ترمینال‌ها نظیر ثابت‌ها و متغیرها نیز باید مشخص شوند. آنگاه الگوریتم در فضای بسیار بزرگ برنامه‌هایی که توسط این مقادیر اولیه قابل بیان هستند یک عمل جستجوی تکاملی را انجام خواهد داد. در تحقیق حاضر نیز با استفاده از اعمالی که به آنها اشاره شد به مدل سازی کارایی بانک‌ها با برنامه‌نویسی ژنتیک پرداخته شده است.

¹ fitness



شکل ۳. خلاصه عملکرد برنامه نویسی ژنتیک

(علیرضا بحیرایی و همکاران، ۲۰۰۹)

۴-۱. مبانی تجربی تحقیق

امروزه تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها کاربرد فراوانی در ارزیابی عملکرد واحدهای اقتصادی از جمله بانک‌ها یافته است. در بررسی عملکرد بانک‌ها در داخل کشور، عالم تبریز و همکاران (۱۳۸۸)، در بررسی کارکرد تکنیک تاپسیس فازی در بهبود سنجش کارایی شعب بانک‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، به بررسی اثرات لحاظ نمودن میزان اهمیت داده‌ها (ورودی‌ها و خروجی‌ها) در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته‌اند. براین اساس میزان اهمیت ورودی‌ها و خروجی‌ها با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی محاسبه شده و در تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه‌گیری کارایی مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که مؤلفه هزینه‌های شعب (شامل سود و کارمزد پرداختی و...) به‌عنوان مهم‌ترین ورودی و مؤلفه تسهیلات اعطایی به‌عنوان مهم‌ترین خروجی بوده است. نکته دیگر اینکه استفاده از وزن ورودی‌ها و خروجی‌ها سبب شده تا تعداد

واحدهای کارا کاهش یابد. به عبارتی استفاده از این وزن ها باعث می شود تا روش تحلیل پوششی داده بین کارایی شعب تفاوت بیشتری قائل شود؛ که این امر موجب افزایش دقت این روش شده است. فقیه نصیری و همکاران (۱۳۸۹)، در مقایسه کارایی پست بانک های ایران با استفاده از دو روش ناپارامتری و پارامتری، کارایی ۲۸ استان (سرپرستی) مستقل پست بانک را طی دوره زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۴ مورد ارزیابی قرار داده اند. نتایج نشان می دهد که با استفاده از روش ناپارامتری، میانگین کارایی اقتصادی، تخصیصی و فنی برای پست بانک ایران در دوره مورد بررسی به ترتیب ۲۵ درصد، ۳۲ درصد، ۸۳ درصد و با استفاده از روش پارامتری متوسط کارایی در دوره مورد بررسی ۵۵ درصد بوده است. همچنین کارایی سرپرستی ها با اداره پست بانک (دارایی کل)، تعداد پرسنل و تعداد شعبه ها رابطه منفی و با درآمد کل پست بانک و زمان رابطه مثبت دارد. دادگر و نیکی نعمت (۱۳۸۶)، در کاربرد مدل DEA در ارزیابی کارایی واحدهای اقتصادی، به بررسی کارایی ۳۸ سرپرستی بانک تجارت در کل کشور طی دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ پرداخته اند. فرضیه اصلی این تحقیق این است که وضعیت ورودی ها و خروجی های سرپرستی های بانک تجارت بهینه نیست و با اصلاح عوامل، کارایی آنها قابل افزایش است. نتایج نشان می دهد که میانگین کارایی سه سال به ترتیب ۷۹/۷ درصد، ۷۸ درصد و ۲/۴۷ درصد است. حقیقت و نصیری (۱۳۸۲)، در بررسی کارایی سیستم بانکی با کاربرد تحلیل پوششی داده ها، کارایی ۱۷۲ شعبه بانک کشاورزی در منطقه چهار کشور^۱ را با فرض های بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و متغیر مورد ارزیابی قرار داده اند. نتایج تحقیق آنها بیانگر آن است که میانگین کارایی فنی تحت شرایط بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و بازدهی نسبت به مقیاس متغیر به ترتیب برابر با ۸۱ درصد و ۹۴ درصد و میانگین کارایی به مقیاس نیز ۸۶ درصد بوده است. در حالت بازدهی نسبت به مقیاس ثابت بیشترین متوسط میانگین کارایی در میان شعبه های اصلی خدمات شهری به میزان ۸۴ درصد مربوط به واحدهایی با اندازه متوسط و در حالت بازدهی نسبت به مقیاس متغیر در میان شعبه های خدمات روستایی به میزان ۹۸ درصد مربوط به شعبه های با اندازه کوچک می باشد. همچنین بیشتر واحدها در تمام گروه ها دارای بازدهی فزاینده هستند.

اسمیلد و ماتیوس^۲ (۲۰۱۲)، در تحلیل کارایی چند جهتی از الگوهای کارایی در بانک های چین طی ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۸، نشان داده اند که چه تفاوتی بین الگوهای کارایی بین زیر گروه های متفاوت

^۱ استان های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و اردبیل

^۲ Mette Asmild, Kent Matthews

مطابق با یک مجموعه داده بررسی شده با استفاده از ^۱MEA وجود دارد. نتایج نشان می‌دهد که بانک‌های دارای مالکیت ایالتی روی نیروی انسانی و وام‌های اجرا نشده کارایی کمتری دارند. ب. استاب، داسیلوا و م. تابک^۲ (۲۰۰۷)، در بررسی تکامل تدریجی از کارایی بانک‌ها در برزیل، به بررسی کارایی‌های هزینه، تخصیصی و تکنیکی برای بانک‌های برزیل در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ پرداخته‌اند و با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به تخمین منابع کارایی پرداخته‌اند. او نشان داد درجه همبستگی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها پیامد مهمی است که تأثیر زیادی روی قوت مدل‌ها دارد. بنابراین یک تحلیل همبستگی برای انتخاب ورودی‌ها و خروجی‌ها ضروری است. اگر همبستگی بین ورودی و خروجی‌ای خیلی بالا باشد این ورودی و خروجی می‌تواند از مدل مستثنی شود زیرا ممکن است به نظر برسد که این ورودی و خروجی نماینده‌ای از متغیرهای دیگر است و اگر همبستگی خیلی پایین باشد ممکن است متغیرها مناسب مدل نباشند. نتایج حاکی از آن است که در میان ۱۱۳ شعبه کارا، ۴ شعبه تحت بازده نسبت به مقیاس افزایشی و ۶۶ شعبه تحت بازده نسبت به مقیاس ثابت و ۴۳ شعبه باقیمانده تحت بازده نسبت به مقیاس کاهش فعالیت دارند. میانگین منابع کارایی برابر ۰/۸۹ است که اشاره بر این دارد که شعبه‌های بانک می‌توانستند ۱۱٪ نیروی انسانی و مخارج کمتری برای تولید خروجی‌ها به‌کار بگیرند. فوکویاما و ماتوسک^۳ (۲۰۱۱)، در بررسی کارایی بانکداری ترکیه، به تحلیل سیستماتیک کارایی‌های تخصیصی، تکنیکی و هزینه سیستم بانکی ترکیه با روش سیستم شبکه‌ای دو مرحله‌ای تحت فرض بازده نسبت به مقیاس متغیر برای ۲۵ بانک تجاری فعال در ترکیه از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۷ پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که بانک‌های ترکی برای فرآیند بازسازی و تقویت (تحکیم و ترکیب) واکنش مثبت نشان دادند. و کارایی بانکی بلافاصله بعد از برنامه بازسازی بهبود یافته و منابع کارایی به اوج خود رسیده است. همچنین نتایج جالبی از تعیین کارایی بانک به‌دست آمد: اول اینکه افزایش سهام بازار مانند سپرده‌ها برای کارایی بانک مناسب است؛ دوم اینکه نسبت ROA^۴ ممکن است مانند یک شاخص نماینده مناسب مطرح شده باشد، که اطلاعات را نه فقط درباره عملکرد بانک بلکه به‌صورت غیرمستقیم برای کارایی بانک فراهم می‌کند؛ سوم اینکه شعبه‌ها اثری منفی روی رشد کارایی دارند. بحیرایی و همکاران (۲۰۱۱)، در یک بررسی به تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی شاخص‌های بورس اوراق بهادار انگلیستان با رویکرد GP پرداخته‌اند. که توانسته‌اند با استفاده از برنامه‌نویسی ژنتیک مدلی قابل تحلیل از بورس اوراق بهادار این کشور به‌دست آورده و آن را تجزیه و تحلیل نمایند. بحیرایی و

^۱ Multi-directional efficiency analysis

^۲ Roberta B. Staub, Geraldo da Silva e Souza, Benjamin M. Tabak

^۳ Hirofumi Fukuyama, Roman Matousek

^۴ Return on Assets

همکاران (۲۰۰۹)، در پیش بینی با رویکرد جعبه ریسک^۱ به وسیله GP برای پیش بینی ورشکستگی، به مطالعه یک روش هندسی جدید برای تجزیه و تحلیل ریسک ورشکستگی با استفاده از نسبت های مالی به وسیله برنامه نویسی ژنتیک پرداخته اند. در این چهارچوب پیشنهاد استفاده از یک نسبت جدید به نام جعبه ریسک را داده اند که این تحقیق یک چشم انداز تکمیلی از ورشکستگی را ارائه می دهد.

۲. مدل تحقیق و توصیف کارایی

در این تحقیق کارایی ۱۳ بانک مورد ارزیابی قرار گرفته است که داده های مربوط به متغیرهای مورد مطالعه تحقیق در نمونه مورد بررسی با توجه به واحد پولی کشور و بر پایه میلیارد ریال ارائه شده است. بانک های مورد مطالعه در تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است. داده های تحقیق نیز از گزارش عملکرد حسابرسی شده سالیانه ارائه شده بانک ها به بانک مرکزی و طی دوره زمانی ۶ ساله از ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۱ استخراج شده است.

جدول ۱. بانک های مورد مطالعه در تحقیق

ردیف	نام بانک
۱	اقتصاد نوین
۲	پارسیان
۳	تجارت
۴	رفاه
۵	سامان
۶	سپه
۷	سرمایه
۸	صادرات
۹	کارآفرین
۱۰	کشاورزی
۱۱	مسکن
۱۲	ملت
۱۳	ملی

¹ Risk box

۲-۱. متغیرهای مدل (ورودی‌ها و خروجی‌ها)

در حالت کلی دو دیدگاه عمده وجود دارد، که می‌تواند برای تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های یک بانک جهت سنجش کارایی مورد استفاده قرار گیرد، دیدگاه تولیدی و دیدگاه واسطه‌ای که در این تحقیق متغیرهای ورودی و خروجی براساس دیدگاه واسطه‌ای انتخاب شده است. برای سنجش کارایی و مدل‌سازی آن از ورودی‌ها و خروجی‌هایی به شرح زیر استفاده شده است:

ورودی‌ها

- دارایی‌های ثابت: دارایی‌هایی را شامل می‌شود که بانک قصد نگهداری و استفاده از آنها برای سال‌های متمادی را دارد. مانند: ساختمان و اثاثیه اداری.
- تعداد کارکنان: کارمندان بانک‌ها به‌عنوان منبع و سرمایه انسانی برای تولید خروجی‌ها به حساب می‌آیند.
- هزینه‌های بانکی: تمامی هزینه‌ها اعم از هزینه‌های اداری و عمومی، هزینه مطالبات مشکوک الوصول، هزینه‌های مالی، هزینه کارمزد و سایر هزینه‌های یک بانک را شامل می‌شود.
- سپرده کل: عبارت است از مجموع سپرده‌های دیداری، سپرده‌های سرمایه‌گذاری مدت‌دار، سپرده‌های قرض‌الحسنه، پس‌انداز و سایر سپرده‌ها.
- حقوق صاحبان سهام: با توجه به عدم دستیابی به سرمایه بانک‌ها، در این تحقیق به جای سرمایه از حقوق صاحبان سهام به‌عنوان یک فاکتور ورودی که سرمایه نیز به نوعی در آن مستتر است، استفاده شده است.

خروجی‌ها

- درآمد کل: شامل مجموع درآمدهای بانک می‌شود.
- مانده تسهیلات: جمع مانده تسهیلات که بانک‌ها به بخش‌های مختلف اقتصاد اعطا کرده‌اند.
- سرمایه‌گذاری‌ها: شامل تمام سرمایه‌گذاری‌ها و مشارکت‌های بانک در بخش‌های مختلف می‌باشد.

۲-۲. محاسبه کارایی تکنیکی بانک‌ها

در این مرحله میزان کارایی تکنیکی بانک‌های کشور مورد محاسبه قرار می‌گیرد. به تناسب موضوع، ورودی‌ها و خروجی‌ها را در مدل به کار برده و کارایی تکنیکی بانک‌ها را با دو فرض بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و بازدهی نسبت به مقیاس متغیر و با ماهیت خروجی محور طی دوره زمانی ۱۳۹۶

تا ۱۳۹۱ محاسبه گردیده است. مقدار کارایی همواره در بازه [۰.۱] قرار دارد. عدد ۱ نشان دهنده بنگاه کاملاً کارا و عدد ۰ به این معنی است که، بنگاه کاملاً ناکاراست. از آنجایی که در این تحقیق رسیدن به کارایی در طول ۶ سال مورد توجه بوده است، لذا از متوسط کارایی در نتایج استفاده شده است.

جدول ۲. متوسط کارایی تکنیکی بانک ها

نام بانک	کارایی CCR	کارایی BCC
اقتصاد نوین	97/07	97/38
پارسیان	98/27	98/51
تجارت	76/81	76/98
رفاه	84/43	86/75
سامان	93/32	94.03
سپه	76/04	76/41
سرمایه	93/47	94/12
صادرات	88/73	91/17
کارآفرین	97/13	98/10
کشاورزی	80/35	84/80
مسکن	97/90	98/89
ملت	99.86	99/93
ملی	96/07	98/54

یادداشت: تمامی مقادیر ارایه شده به صورت درصد می باشند.

۲-۳. تجزیه کارایی تکنیکی

بررسی منابع ناکارایی واحد تحت ارزیابی موضوعی قابل بررسی است که آیا ناکارایی به علت عملکرد ناکارای این واحد است یا ناشی از شرایطی است که این واحد در آن فعالیت می کند؟ از این رو مقایسه نمره کارایی CCR و BCC ضروری است. مدل CCR برقراری بازده نسبت به مقیاس ثابت در مجموعه امکان تولید را فراهم می کند. یعنی انبساط و انقباض شعاعی تمام واحدها و ترکیب های نامنفی آنها امکان پذیر است. از این رو نمره کسب شده توسط آن کارایی تکنیکی سراسری نامیده می شود. از طرفی در مدل BCC ترکیب محدب واحدها به عنوان مجموعه امکان تولید فرض شده و نمره کسب شده توسط آن نیز کارایی تکنیکی محض نامیده می شود (کوپر ویلیام . همکاران، ۱۳۸۹). اگر یک واحد از نظر مدل BCC کارا ولی از نظر CCR امتیاز پایینی از

کارایی داشته باشد، آنگاه این واحد به طور موضعی کاراست. ولی به دلیل اندازه‌اش کارای سراسری نیست. بنابراین منطقی است تا کارایی مقیاس یک واحد را به وسیله نسبت این دو امتیاز مشخص کنیم.

کارایی مقیاس^۱ یک واحد، از نسبت کارایی در مقیاس بهینه به دست می‌آید. که هدف آن تولید در مقیاس بهینه است. درواقع اندازه یا مقیاس عملکرد یک بانک از دو طریق می‌تواند بر میزان کارایی مؤثر باشد: اول این که، اگر اندازه بانک بتواند بر قدرت نفوذ آن در بازار بیفزاید، آن موقع بانک می‌تواند هزینه‌های کمتری برای ورودی‌های خود بپردازد. و دوم اینکه، افزایش اندازه بانک می‌تواند منجر به شکل‌گیری صرفه‌های به مقیاس برای آن بانک شود. یعنی نسبت خروجی به ورودی با افزایش اندازه بانک می‌تواند افزایش یابد و برعکس (محمدعلی افشار کاظمی، ۱۳۸۵).

فرض وجود بازده نسبت به مقیاس ثابت در یک مدل بدان معناست که اندازه سازمان در تشخیص کارایی نسبی مورد توجه قرار نمی‌گیرد. یعنی یک سازمان کوچک می‌تواند خروجی‌ها را با همان نسبت خروجی به ورودی ایجاد نماید که سازمان بزرگتر توانایی آن را داراست (جان هولند، ۱۹۷۵). با حل مدل CCR، کارایی تکنیکی واحد مورد نظر را محاسبه می‌شود. این کارایی به دو قسمت کارایی تکنیکی خالص یا کارایی مدیریت و کارایی مقیاس تقسیم می‌شود (شبنم دوستی و همکاران، ۱۳۸۷).

ناکارایی تکنیکی بیانگر ضایعات عملکرد و مدیریت ضعیف است. اگر کارایی محاسبه شده برای دو مدل متفاوت باشند، بیانگر این مطلب که واحد تحت بررسی دارای ناکارایی مقیاس است و میزان ناکارایی مقیاس را می‌توان از تفاوت میزان کارایی محاسبه شده توسط دو مدل به دست آورد. میزان کارایی مقیاس نیز از نسبت نمره کارایی تحت بازدهی نسبت به مقیاس ثابت به نمره کارایی تحت بازدهی نسبت به مقیاس متغیر به دست می‌آید.

$$SE = \frac{\Phi_{CCR}^*}{\Phi_{BCC}^*}$$

تحت بازدهی نسبت به مقیاس ثابت متوسط کارایی بانک‌های کشور بین سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۱ برابر با ۸۷٫۵۱٪ می‌باشد. از نظر هندسی نیز تحت این فرض مرز تولید به صورت یک خط راست است که واحدهای کارا روی آن قرار دارند و یا به عبارتی آن را می‌سازند. و تحت بازدهی نسبت به مقیاس متغیر نیز ۹۱٫۷۲٪ است. و این امر حاکی از آن است که بانک‌ها با مقدار ورودی فعلی ۸٫۲۸٪ کمتر از مقدار بهینه تولید کرده‌اند. همچنین مرز تولید تحت این فرض مقعر است و هر واحد تولیدی کارا در جای خودش روی مرز قرار می‌گیرد. متوسط کارایی مقیاس نیز برابر ۹۴٫۷۱٪ است. و این بدان معنی است که مقیاس واقعی تولید ۵٫۲۹٪ با مولدترین مقیاس تولید

¹ Scale efficiency

اختلاف دارد. زمانی که کارایی تکنیکی محض (PTE) از کارایی مقیاس بزرگتر باشد، در این حالت ناکارایی مقیاس ایجاد می شود. در حالت عکس این موضوع بخش عمده عدم کارایی ناشی از ناکارایی تکنیکی خالص یا همان ناکارایی مدیریتی (عملیاتی) است. طبق نتایج به دست آمده نیز می توان عنوان کرد که، ناکارایی بانک های کشور عمدتاً از نوع ناکارایی مدیریتی است.

$$TE = PTE \times SE$$

۳. کارایی بهینه بانک های کشور

سنجش کارایی به خودی خود فقط ما را از میزان عملکرد بهینه سازمان آگاه می سازد. آنچه اینجا با اهمیت تر جلوه می کند، نتایج جانبی است که از سنجش کارایی با استفاده از تحلیل پوششی داده ها حاصل می شود. نتایجی که هر کدام از آنها می تواند برای مدیران و سردمداران هر سازمانی در جهت بهبود وضعیت بسیار سودمند باشد. چرا که در اکثر مواقع عدم عملکرد بهینه یک سازمان ناشی از ضعف مدیریت آن است. در این راستا ابتدا به مدل سازی کارایی با برنامه نویسی ژنتیک پرداخته و یک مدل تحلیلی برای سیاست گذاری بهتر بانک ها ارائه می دهیم. در ادامه کار پتانسیل بانک ها برای بهبود کارایی مورد بررسی قرار می دهیم.

۳-۱. مدل سازی کارایی با برنامه نویسی ژنتیک

برنامه نویسی ژنتیک یکی از انواع الگوریتم های تکاملی است که مبتنی بر تکامل بیولوژیکی و اصل بقای بهترین می باشد که بر پایه این اصل به دنبال یافتن بهترین برنامه کامپیوتری برای انجام یک فعالیت خاص است. از این روش یادگیری ماشین برای بهینه سازی جمعیتی از برنامه های کامپیوتری جهت انجام یک کار محاسباتی استفاده می شود. GP برنامه ها را به حالت درختی نمایش می دهد، که به راحتی می توان آنها را به صورت بازگشتی بررسی نمود. در هر گره درخت یک عملگر و در هر ترمینال یک عملوند قرار می گیرد. که بیان ریاضی ساده ای برای ارزیابی دارد.

یکی از زیر مجموعه های برنامه نویسی ژنتیک که بر پایه درخت های تصمیم گیری بهترین برنامه کامپیوتری و بهترین مدل را برای هدف مشخصی استخراج می کند، برنامه نویسی به بیان ژنی است. در این تحقیق از آن برای یافتن مدلی مناسب که می تواند ارتباط ورودی و خروجی های در نظر گرفته شده را با کارایی به دست آمده از تحلیل پوششی داده ها توصیف کند، استفاده شده است. در این راستا آخرین مرحله به منظور اعمال یک تناسب خاص برای مسائل طبقه بندی شده به دست آوردن بهترین تابع تناسب است. لذا مجذور نسبی خطا (RSE) و میانگین مجذور خطا (MSE) می تواند برای ارزیابی عملکرد قوانین دسته بندی حاصل شده استفاده شود. از (RSE) به دلیل سادگی به عنوان تابع تناسب استفاده شده است. اگر f_i تابع تناسب باشد، و $f_i = h$ ، که h تعداد موردهای تناسبی است که مورد ارزیابی قرار گرفته است. بنابراین در این تابع تناسب f_{max} ماکزیمم تناسب

است. لذا $f_{max} = n$ ، یعنی اینکه تعداد موردهای متناسب برابر با n می باشد. اگر h را یک تناسب خام^۱ نام گذاری کنیم، آنگاه rf_i را مکمل آن و به اصطلاح صرفه جویی^۲ می گوئیم که راه حل های در حال تکامل را برای دستیابی به مدل فشرده تر، تحت فشار قرار می دهد [۱۸]. بنابراین $rf_{max} = n$. تناسب با فشار صرفه جویی^۳ هم که با fpp_i به صورت زیر است:

$$fpp_i = rf_i \times \left(1 + \frac{1}{5000} \times \frac{S_{max} - S_i}{S_{max} - S_{min}}\right)$$

که S_i اندازه برنامه و S_{min} و S_{max} به ترتیب کمترین و بیشترین جمعیت برنامه ها را نشان می دهند. حداقل و حداکثر اندازه برنامه از رابطه زیر به دست می آید:

$$S_{max} = G(h + t)$$

$$S_{min} = G$$

که در آن G تعداد ژن ها و t اندازه سر و دم^۴ آنها می باشد. بنابراین زمانی که $rf_i = rf_{max}$ و

$$S_i = S_{min}$$

و $fpp_i = 1.000000002 \times rf_{max}$ آنگاه فرآیند برنامه نویسی بهینه خواهد بود. با استفاده از

دو عمل اصلی برنامه نویسی ژنتیک، یعنی عمل تلفیق و جهش و با ماکزیمم تناسب برابر با ۱۰۰۰ اقدام به برآورد مدل و استخراج آن گردید که مدل مورد نظر را بعد از ۴۰۰۰۰ بار تولید نسل^۵ با بهترین تناسب برابر با ۶۵۰ و R-Square مساوی با ۰.۷۶ به دست آمد.

جدول ۳. تعریف شاخص ها در برنامه نویسی ژنتیک

شاخص	دارایی ثابت	نیروی کار	درآمد کل	سرده
نمایش	d_0	d_1	d_2	d_3
شاخص	حقوق صاحبان سهام	تسهیلات	سرمایه گذاری کل	هزینه کل
نمایش	d_4	d_5	d_6	d_7

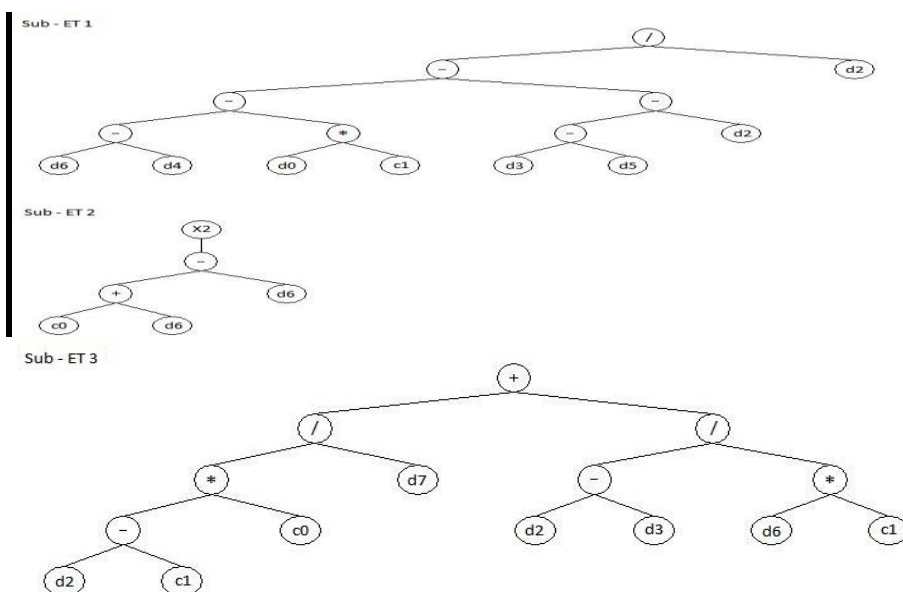
¹ Raw Fitness

² Parsimony term

³ Fitness with Parsimony Pressure

⁴ The head and Tail Sizes

⁵ Generation



شکل ۴. درخت تصمیم گیری برنامه نویسی ژنتیک

```
function result = gepModelF9(d)

G1C0 = 9.136963;
G1C1 = 8.696717;
G2C0 = -9.525665;
G2C1 = 1.270599;
G3C0 = 7.591644;
G3C1 = 9.849366;

F1 = 1;
F2 = 2;
F3 = 3;
F4 = 4;
F5 = 5;
F6 = 6;
F7 = 7;
F8 = 8;

varTemp = 0.0;

varTemp = (((d(F7)-d(F5))-(d(F1)*G1C1))-((d(F4)-d(F6))-d(F3)))/d(F3));
varTemp = varTemp + (((G2C0+d(F7))-d(F7))^2);
varTemp = varTemp + (((d(F3)-G3C1)*G3C0)/d(F8))+((d(F3)-d(F4))/d(F7)*G3C1));

result = varTemp;
```

شکل ۵. ضرایب و مدل خروجی از نرم افزار

۲-۳. بهبود نمرات کارایی برای بانک های ناکارا

در این بخش پتانسیلی که هر بانک ناکارا برای رسیدن به مرز کارایی دارد ارائه می شود. این پتانسیل از اختلاف مقادیر فعلی و مطلوب شاخص های خروجی به دست می آید. در واحدهای کارا

مقدار فعلی شاخص‌ها با مقدار مطلوب آنها برابر است. اما در واحدهای ناکارا این دو مقدار باهم برابر نیستند و مقادیر مطلوب از مقادیر فعلی بیشتر است (در حالت خروجی محور). اختلاف این دو مقدار نشان‌دهنده میزان پتانسیل موجود و استفاده نشده واحد در هر کدام از شاخص‌ها می‌باشد. نحوه محاسبه پتانسیل‌های عملکردی براساس مقایسه عملکرد بین واحد ناکارا و مجموعه‌ای از واحدهای کارا بیان می‌شود. به‌گونه‌ای که اگر واحد ناکارا مقادیر فعلی در شاخص‌ها را به مقادیر مطلوب ارتقا می‌داد به سطح کارایی بهینه می‌رسید. بهبود لازم در میزان خروجی‌های هر بانک به‌منظور رسیدن به سطح کارایی مطلوب، نسبت به حرکت هر متغیر نمایش داده شده است. به‌عبارت دیگر هر حرکتی در جهت بهبود کارایی برای هر کدام از متغیرهای خروجی با فرض ثابت بودن سایر شرایط، بانک را به سطح کارایی مطلوب خواهد رسانید.

مقادیر بهینه شاخص‌های خروجی بانک‌ها تحت بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و متغیر به شرح زیر است:

متوسط کارایی تکنیکی بانک تجارت در حالت CRS برابر با ۰,۷۱۴۲ و در حالت VRS برابر با ۰,۷۷۳۷ است. پتانسیل شاخص‌های خروجی بانک تجارت برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت‌های CRS و VRS برای هر سال در جدول ارائه شده است.

جدول ۴. پتانسیل بانک تجارت برای رسیدن به مرز کارایی

سال	تسهیلات کل		درآمد کل		سرمایه‌گذاری کل	
	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS
۱۳۹۱	۳۶۷۵۹	۲۵۳۴۱	۱۸۹۵۵	۲۲۹۸	۵۶۳	۳۲۱
۱۳۹۲	۱۸۵۳۴	۱۱۳۴۵	۳۳۸۵	۷۲۴	۲۵۰	۱۲۱
۱۳۹۳	۱۲۵۳۴۲	۱۱۰۶۲	۶۷۸۳	۵۶۷۰	۲۳۶۵	۱۹۳۳
۱۳۹۴	۱۳۰۲۱۱	۱۱۰۵۰۰	۷۸۴۳	۵۱۴۷۸	۱۹۶۱	۱۵۰۰
۱۳۹۵	۱۶۰۲۲۳	۸۹۳۲۴	۵۵۰۳	۴۵۷۹	۱۳۴۵	۱۳۷۶
۱۳۹۶	۱۵۲۴۳۱	۹۰۲۳۳	۷۵۰۳	۱۰۲۳	۳۰۱۰	۲۰۱۰

متوسط کارایی تکنیکی بانک رفاه در حالت CRS برابر با 0.8187 و در حالت VRS برابر با 0.8379 است. پتانسیل شاخص‌های خروجی بانک رفاه برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت‌های CRS و VRS برای هر سال در جدول ارائه شده است.

جدول ۵. پتانسیل بانک رفاه برای رسیدن به مرز کارایی

سال	تسهیلات کل		درآمد کل		سرمایه گذاری کل	
	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS
۱۳۹۱	۱۶۱۷	۳۳۰۲	۸۷	۳۱۰	۲۱	۶۰
۱۳۹۲	۲۲۶۵	۱۸۴۳	۱۱۰	۱۲۰	۱۰۲	۱۲۳
۱۳۹۳	۶۵۴۷	۵۰۳۴	۴۱۰	۴۰۲	۶۳	۹۶
۱۳۹۴	۶۰۹۰	۴۸۶۱	۳۱۰	۲۰۹	۱۹۸	۹۸
۱۳۹۵	۱۸۱۱۰	۱۹۳۴۵	۱۱۶۵	۲۳۴۵	۴۵۰	۳۲۱
۱۳۹۶	۶۸۸۹	۷۹	۶۵۰	۱۰۱۰	۱۶۲	۱۳۷

متوسط کارایی تکنیکی بانک سامان در حالت CRS برابر با 0.8941 و در حالت VRS برابر با 0.9285 است. پتانسیل شاخص های خروجی بانک سامان برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت های CRS و VRS برای هر سال در جدول ارائه شده است.

جدول ۶. پتانسیل بانک سامان برای رسیدن به مرز کارایی

سال	تسهیلات کل		درآمد کل		سرمایه گذاری کل	
	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS
۱۳۹۱	۲۳۴۱	۳۳۰۱	۴۳۱	۳۲۴	۴۲	۱۰۱
۱۳۹۲	۳۱۲۷	۳۰۹۰	۳۱۹	۲۸۴	۷۴	۴۵
۱۳۹۳	۱۹۸	۴۳۲۱	۳۱	۳۹۹	۲۱	۳۸
۱۳۹۴	۷۴۵۶	۸۴۳۵	۴۲۱	۳۹۰	۸۶	۹۱
۱۳۹۵	۴۵۶۱	۶۲۳۴	۳۶۵	۲۹۸	۳۶	۴۱
۱۳۹۶	۱۰۰۸	۳۲۳	۱۰۲	۲۳	۷۳	۲

متوسط کارایی تکنیکی بانک سپه در حالت CRS برابر با 0.8385 و در حالت VRS برابر با 0.8496 است. پتانسیل شاخص های خروجی بانک سپه برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت های CRS و VRS برای هر سال در جدول ارائه شده است.

جدول ۷. پتانسیل بانک سپه برای رسیدن به مرز کارایی

سال	تسهیلات کل		درآمد کل		سرمایه گذاری کل	
	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS
۱۳۹۱	۲۱۴۵۶	۲۴۵۶۱	۲۳۱۴	۲۳۴۵	۱۲۳۵	۱۴۵۰
۱۳۹۲	۲۵۷۸۶	۳۵۲۵۴	۱۵۴۳	۱۴۵۳	۱۱۴۳	۱۷۶۵
۱۳۹۳	۳۲۱۵	۴۵۸۷	۴۵۶	۵۶۴	۱۶۰	۱۸۴
۱۳۹۴	۱۵۴۲۳	۱۰۸۶۵	۱۲۹۸	۱۱۴۵	۵۴۸	۴۹۸
۱۳۹۵	۳۹۷۶۵	۴۰۶۵۴	۲۱۷۶	۲۵۶۷	۱۴۹۴	۱۶۷۸
۱۳۹۶	۳۴۵۷۶	۳۹۸۷۵	۲۱۴۳	۲۱۷۶	۱۳۲۱	۱۴۷۷

متوسط کارایی تکنیکی بانک سرمایه در حالت CRS برابر با 0.9231 و در حالت VRS برابر با 0.9444 است. پتانسیل شاخص های خروجی بانک سرمایه برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت های CRS و VRS برای هر سال در جدول ارائه شده است.

جدول ۸. پتانسیل بانک سرمایه برای رسیدن به مرز کارایی

سال	تسهیلات کل		درآمد کل		سرمایه گذاری کل	
	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS
۱۳۹۱	۷۳۴۱	۱۷۵۳	۱۳۱	۲۲۴	۹۳	۶۴
۱۳۹۲	۱۸۹۹	۱۶۷۵	۱۱۱	۲۰۵	۶۵	۷۲
۱۳۹۳	۸۷۴	۱۳۶۸	۸۵	۱۳۱	۹	۴۲
۱۳۹۴	۱۸۹۲	۲۵۶۴	۲۱۰	۱۷۳	۳۶	۲۱
۱۳۹۵	۲۰۸۴	۲۲۱۷	۹۳	۲۳۴	۴۰	۸۳
۱۳۹۶	۲۴۵۶	۴۱۵۷	۲۵۷	۴۵۰	۵۸	۸۸

متوسط کارایی تکنیکی بانک صادرات در حالت CRS برابر با 0.8508 و در حالت VRS برابر با 0.9046 است. پتانسیل شاخص های خروجی بانک صادرات برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت های CRS و VRS برای هر سال در جدول ارائه شده است.

جدول ۹. پتانسیل بانک صادرات برای رسیدن به مرز کارایی

سال	تسهیلات کل		درآمد کل		سرمایه گذاری کل
	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS CRS
۱۳۹۱	۱۰۳۲۱	۱۱۲۰۴	۷۰۲۳	۴۲۰۳	۳۸۱۰ ۳۰۹۰
۱۳۹۲	۸۸۷۳۱	۴۰۳۲۱	۸۸۴۵	۴۵۲۱	۴۶۷۵ ۲۷۱۱
۱۳۹۳	۱۰۵۴۴	۴۴۵۶۲	۹۸۵۴	۶۷۸۲	۵۵۲۲ ۳۵۹۹
۱۳۹۴	۸۴۵۷۶	۳۹۴۵۶	۱۲۵۹۹	۵۴۹۸	۱۸۲۲ ۲۱۱۱
۱۳۹۵	۱۳۵۸۳۴	۶۵۲۴۳	۱۶۵۳۴	۱۳۴۲	۱۴۳۲ ۶۷۸
۱۳۹۶	۶۲۷۰۳	۵۹۹۱۰	۱۴۳۲	۱۱۲۳	۷۴۵ ۳۱۰۱

متوسط کارایی تکنیکی بانک کارآفرین در حالت CRS برابر با 0.9470 و در حالت VRS برابر با 0.9972 است. پتانسیل شاخص های خروجی بانک کارآفرین برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت های CRS و VRS برای هر سال در جدول ارائه شده است.

جدول ۱۰. پتانسیل بانک کارآفرین برای رسیدن به مرز کارایی

سال	تسهیلات کل		درآمد کل		سرمایه گذاری کل
	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS CRS
۱۳۹۱	۲۰۳۱	۲۰۱۳	۲۲	۷۴	۶۵ ۷۵
۱۳۹۲	۳۳۴	۱۰۱۹	۱۰	۱۰۲	۹ ۳۶
۱۳۹۳	۲۲۱۰	۸۹۰	۱۶۶	۶۵	۸۵ ۲۲
۱۳۹۴	۹۸۰	۱۱۳۰	۱۰۰	۸۴	۳۱ ۴۸
۱۳۹۵	۸۹۰۱	۱۱۳۰	۳۷	۹۹	۱۰۱ ۹۵
۱۳۹۶	۳۴۲۲	۲۱۰۴	۷۷	۱۱۲	۴۵ ۳۶

متوسط کارایی تکنیکی بانک کشاورزی در حالت CRS برابر با 0.8108 و در حالت VRS برابر با 0.8580 است. پتانسیل شاخص‌های خروجی بانک کشاورزی برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت‌های CRS و VRS برای هر سال در جدول ارائه شده است.

جدول ۱۱. پتانسیل بانک کشاورزی برای رسیدن به مرز کارایی

سال	تسهیلات کل		درآمد کل		سرمایه‌گذاری کل	
	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
۱۳۹۱	۵۱۳۲۱	۴۳۷۶۵	۴۵۲۳	۱۲۱۲	۳۷۶	۳۴۰
۱۳۹۲	۶۰۳۲۱	۵۱۲۳۱	۵۴۶۸	۴۵۳۲	۳۶۵	۳۹۰
۱۳۹۳	۴۸۷۲۳	۲۸۴۳۲	۶۷۵۰	۲۷۶۵	۴۳۱	۳۲۰
۱۳۹۴	۵۱۹۸۷	۲۸۹۸۷	۵۴۶۷	۲۵۳۲	۲۹۸	۲۰۰
۱۳۹۵	۴۶۷۰۰	۲۶۱۰۰	۳۰۲۱	۲۴۵۱	۲۷۶	۱۹۰
۱۳۹۶	۳۰۱۴۵	۱۱۲۳۴	۳۲۴۶	۱۱۳۲	۲۵۰	۷۵

متوسط کارایی تکنیکی بانک مسکن در حالت CRS برابر با 0.9966 و در حالت VRS برابر با 0.9989 است. پتانسیل شاخص‌های خروجی بانک مسکن برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت‌های CRS و VRS برای هر سال در جدول ارائه شده است.

جدول ۱۲. پتانسیل بانک مسکن برای رسیدن به مرز کارایی

سال	تسهیلات کل		درآمد کل		سرمایه‌گذاری کل	
	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
۱۳۹۱	۶۶۱۰	۷۰۶۴	۵۷۳	۴۳۲	۳۲	۴۵
۱۳۹۲	۳۲۱۰	۷۴۲۴	۶۴۲	۶۳۴	۷۳	۹۷
۱۳۹۳	۷۱۴۵	۱۸۱۰	۵۳۴	۱۰۸	۷۳	۲۳
۱۳۹۴	۹۸۶۶	۹۸۷۶	۶۰۰	۵۹۱	۶۰	۷۵
۱۳۹۵	۷۳۲۹	۶۳۲۴	۷۰۳	۴۰۵	۶۳	۷۰
۱۳۹۶	۶۹۴۰	۹۸۷۵	۷۴۳	۲۰۳	۹۴	۷۷

متوسط کارایی تکنیکی بانک ملت در حالت CRS برابر با 0.8214 و در حالت VRS برابر با 0.8842 است. پتانسیل شاخص‌های خروجی بانک ملت برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت‌های CRS و VRS برای هر سال در جدول ارائه شده است.

جدول ۱۳. پتانسیل بانک ملت برای رسیدن به مرز کارایی

سال	تسهیلات کل		درآمد کل		سرمایه گذاری کل	
	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS
۱۳۹۱	۴۹۳۲۱	۵۷۴۵۳	۳۸۱۰	۳۲۷۶	۵۳۲	۶۷۰
۱۳۹۲	۴۲۷۶۵	۵۵۸۶۳	۲۰۱۰	۲۷۳۲	۴۳۲	۶۱۰
۱۳۹۳	۳۶۵۱۰	۶۵۲۳۱	۲۷۳۴	۵۵۱۰	۴۳۲	۸۷۰
۱۳۹۴	۱۰۱۸۶	۶۵۷۲۰	۲۴۶۱	۵۲۵۶	۵۲۱	۱۲۴۰
۱۳۹۵	۳۲۹۷۰	۸۲۹۷۶	۲۷۱۰	۷۲۱۰	۶۳۴	۱۴۲۳
۱۳۹۶	۳۱۱۰۰	۲۲۹۱۰	۲۱۳۷	۲۳۴۰	۱۱۰۳	۱۲۱۰

متوسط کارایی تکنیکی بانک ملی در حالت CRS برابر با 0.9407 و در حالت VRS برابر با 0.9554 است. پتانسیل شاخص های خروجی بانک ملی برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت های CRS و VRS برای هر سال در جدول ارائه شده است.

جدول ۱۴. پتانسیل بانک ملی برای رسیدن به مرز کارایی

سال	تسهیلات کل		درآمد کل		سرمایه گذاری کل	
	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS
۱۳۹۱	۱۹۶۷۵	۴۱۶۵۴	۱۷۸۵	۴۰۱۰	۱۶۷۳	۳۳۸۷
۱۳۹۲	۴۵۹۸۷	۹۱۵۴۳	۴۵۲۰	۸۷۰۳	۳۵۹۰	۶۶۸۷
۱۳۹۳	۷۵۱۰	۲۱۶۵۴	۶۴۳	۱۵۱۶	۵۸۵	۱۴۹۰
۱۳۹۴	۴۱۲۰	۵۴۳۲	۷۵۰	۱۰۲۱	۵۴۹	۵۶۳
۱۳۹۵	۸۳۲۴	۳۲۱۰	۷۳۲	۲۵۱	۱۰۱۰	۱۴۵
۱۳۹۶	۶۲۳۰	۹۶۵۴	۶۴۱	۷۶۵	۶۴۱	۵۵۵

۴. نتیجه گیری

تحقیق حاضر، کارایی تکنیکی بانک های کشور را طی دوره زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۱ با به کارگیری رویکرد ناپارامتری تحلیل پوششی داده ها بررسی می کند. در این راستا، ابتدا تعاریف و تاریخچه ای از بانکداری در ایران ارائه شد. سپس روش های محاسبه کارایی مانند روش های پارامتری و ناپارامتری مورد بحث قرار گرفت. سپس توضیحی از مفاهیم اولیه تحلیل پوششی داده ها، مزایا و معایب و توضیح مختصری از مدل های اساسی آن یعنی مدل های CCR، BCC و مدل جمعی داده شد. پس از آن به ارائه توضیحاتی در رابطه با برنامه نویسی ژنتیک پرداختیم. همچنین به نمونه هایی از

تحقیقات انجام گرفته در زمینه کارایی بانکها در داخل و خارج از کشور پرداخته شد. بعد از آن به معرفی شاخصهای ورودی و خروجی بانکها با نگرش واسطه‌گری به بانک پرداخته شده و در نهایت کارایی تکنیکی تحت بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و بازدهی نسبت به مقیاس متغیر و با ماهیت خروجی محور مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. همچنین بانکهای تجارت و سپه کمترین میزان کارایی را در طول دوره داشته‌اند. در نتیجه فرضیه اصلی ما مبنی بر این‌که بانکهای کشور در سطح بهینه کارایی فعالیت می‌کنند. مورد قبول واقع نمی‌شود. در ادامه نیز با اندازه‌گیری کارایی مقیاس نتیجه حاصل شد که، ناکارایی بانکهای کشور از نوع ناکارایی مدیریتی (عملیاتی) است. پس از آن، مدل‌سازی کارایی با استناد به نتایج به‌دست آمده از تحلیل پوششی داده‌ها و با استفاده از برنامه‌نویسی ژنتیک برای ارائه مدل قابل تحلیلی در جهت سیاست‌گذاری بانکها ارائه شد که در جداول مربوط به هر بانک و هر سال مجزا نشان داده شده است که هر پارامتر ورودی و خروجی در طی سال مورد نظر در جدول، به چه میزان افزایش یا کاهش در پارامتر باید اعمال گردد تا کارایی به مرز ۱۰۰٪ برسد (با فرض ثابت بودن دیگر پارامترها). این جدول برای اولین بار در کشور تهیه شده است و سیاست و توصیه مدیریتی برای بانکها می‌باشد.

این تحقیق ارزیابی کارایی بانکها را با رویکرد ورودی و خروجی محور و افزایش در میزان هر یک از پارامترها را مورد بررسی قرار داده است. همچنین باتوجه به اینکه در روش‌ها و شیوه‌های مختلف اندازه‌گیری سنجش عملکرد بیشتر از فاکتورهای مالی نظیر منابع و مصارف و مانند آن استفاده می‌شود، پیشنهاد می‌شود با توجه به موضوعها و روشهای جدید در اندازه‌گیری و سنجش عملکرد نظام بانکی علاوه بر سنجشهای مالی بر فاکتورهای غیر مالی نظیر بانکداری الکترونیک نیز تأکید گردد. همچنین نتیجه‌گیری‌ها تحقیق براساس فرضیات فرعی نیز به شرح زیر می‌باشد.

تجدید ساختار درونی بانکهای ناکارا به‌منظور استفاده بهینه از نیروی کار و جذب سپرده‌ها در جهت افزایش سرمایه‌گذاری و تسهیلات و همچنین افزایش درآمد که در نهایت باعث بهبود کارایی و افزایش انگیزه عمومی برای سپرده‌گذاری کوتاه‌مدت و بلندمدت پیشنهاد می‌شود.

اندازه‌گیری کارایی واحدهای اقتصادی مخصوصاً بانکها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اما سنجش کارایی به خودی خود فقط ما را از میزان عملکرد بهینه سازمان آگاه می‌سازد. آنچه اینجا با اهمیت‌تر جلوه می‌کند، نتایج جانبی است که از سنجش کارایی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها حاصل می‌شود. نتایجی که هر کدام از آنها می‌تواند برای مدیران و سرمداران هر سازمانی در جهت بهبود وضعیت بسیار سودمند باشد. چرا که در اکثر مواقع عدم عملکرد بهینه یک سازمان ناشی از ضعف مدیریت آن است. در این راستا ابتدا به مدل‌سازی کارایی با برنامه‌نویسی ژنتیک GP پرداخته شد و یک مدل تحلیلی برای سیاست‌گذاری بهتر بانکها ارائه دادیم. در مرحله بعد کار پتانسیل

بانک‌ها برای بهبود کارایی و ارتباط کارایی با مالکیت، فعالیت و ساختار بانک را مورد بررسی قرار دادیم. در انتها به رتبه‌بندی بانک‌ها پرداختیم. پتانسیلی که هر بانک ناکارا برای رسیدن به مرز کارایی دارد ارائه شد. این پتانسیل از اختلاف مقادیر فعلی و مطلوب شاخص‌های خروجی به‌دست آمده است. در واحدهای کارا مقدار فعلی شاخص‌ها با مقدار مطلوب آنها برابر است. اما در واحدهای ناکارا این دو مقدار باهم برابر نیستند و مقادیر مطلوب از مقادیر فعلی بیشتر است (در حالت خروجی محور). اختلاف این دو مقدار نشان‌دهنده میزان پتانسیل موجود و استفاده نشده واحد در هر کدام از شاخص‌ها می‌باشد. نحوه محاسبه پتانسیل‌های عملکردی براساس مقایسه عملکرد بین واحد ناکارا و مجموعه‌ای از واحدهای کارا بیان شد. به‌گونه‌ای که اگر واحد ناکارا مقادیر فعلی در شاخص‌ها را به مقادیر مطلوب ارتقا می‌داد به سطح کارایی 100٪ می‌رسید. در صورتی که مدل‌ها به‌صورت ورودی محور حل شوند این پتانسیل عملکردی و پیشنهاد بهبود بصورت میزان کاهش در شاخص‌های ورودی بدون تغییر در خروجی‌ها نمایان خواهد شد. اما از آنجایی که در اینجا، ما مدل‌ها را در حالت خروجی محور به‌کار برده‌ایم، پتانسیل‌های عملکردی و پیشنهاد بهبود را به‌صورت افزایش در شاخص‌های خروجی واحدهای ناکارا بدون تغییر در شاخص‌های ورودی ارائه دادیم. در نتیجه به کمک مدل به‌دست آمده از برنامه‌نویسی ژنتیک می‌توان سیاست‌گذاری بهینه را در بانک‌ها به اجرا گذاشت و ضرایب و معادله کلی مورد سنجش و سیاست‌گذاری قرار می‌گیرد که در سال‌های آتی قابل محاسبه و اندازه‌گیری است.

منابع

۱. افشار کاظمی، محمدعلی، ستایش، محمدرضا، محرابیان، سعید، انوری، کرمعلی، (۱۳۸۵)، "ارزیابی نسبی شعب بانک توسعه صادرات ایران با تحلیل پوششی داده‌ها"، پژوهشنامه بانک و اقتصاد، شماره ۷۵، ۴۲-۴۸.
۲. بیدگلی، غلامرضا و کاشانی‌پور، محمد، (۱۳۸۳)، "مقایسه و ارزیابی سنجش کارایی شعب بانک با ارائه الگوی مناسب"، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، سال ۱۱، شماره ۳۸، ۲۷-۳.
۳. جهانشاهلو، غلامرضا، حسین‌زاده‌لطفی، فرهاد و نیکومرام، هاشم، (۱۳۸۷)، تحلیل پوششی داده‌ها و کاربردهای آن، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی-واحد علوم و تحقیقات.
۴. حقیقت، جعفر، نصیری ناصر، (۱۳۸۲)، "بررسی کارایی سیستم بانکی با کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها"، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، شماره ۹ و ۱۰، ۱۳۵-۱۷۱.
۵. دادگر، یداله، نیک‌نعمت، زهرا، (۱۳۸۶)، "کاربرد مدل DEA در ارزیابی واحدهای اقتصادی: مطالعه موردی بانک تجارت"، دو فصلنامه علمی-پژوهشی جستارهای اقتصادی، سال چهارم، شماره ۷، ۵۴-۱۱.
۶. درویشی ایوری، علی‌اکبر، (۱۳۹۰)، "اندازه‌گیری کارایی بانک‌های تجاری ایران: یک تحلیل ناپارامتریک"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سمنان.
۷. دوستی، شبنم، ابدالی، علی، نیک‌بخت، علیرضا، "رابطه میان ارزیابی کارایی تکنیکی و درجه‌بندی شعب بانک‌های تجاری با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها"، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال شانزدهم، شماره ۴۷، ۶۳-۹۳.
۸. عالم تبریز، اکبر، رجبی‌پور میبدی، علیرضا و زارعیان، محمد، (۱۳۸۸)، "بررسی کارکرد تکنیک تاپسیس فازی در بهبود سنجش کارایی شعب بانک‌ها با استفاده از تکنیک DEA"، مدیریت صنعتی، دوره ۱، شماره ۳، ۹۹-۱۱۸.
۹. عباسیان، عزت‌الله و مهرگان، نادر، (۱۳۸۶)، "اندازه‌گیری بهره‌وری عوامل تولید بخش‌های اقتصادی کشور به روش تحلیل پوششی داده‌ها"، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۸، ۱۵۳-۱۷۶.
۱۰. فقیه نصیری، مرجان، عریانی، بهاره، سوری، امیررضا و گرشاسبی، علیرضا، (۱۳۸۹)، "مقایسه کارایی سرپرستی‌های پست بانک ایران با استفاده از دو روش پارامتری و ناپارامتری"، پژوهشنامه علوم اقتصادی، شماره ۲، ۱۵۱-۱۷۴.
۱۱. کاظمی، عباس، (۱۳۸۱)، بهره‌وری و تجزیه و تحلیل آن در سازمان‌ها، تهران، انتشارات سمت.
۱۲. کوپر، ویلیام، سیفورد، لورنس و تن، کورا، (۱۳۸۹)، تحلیل پوششی داده‌ها مدل‌ها و کاربردها، سیدعلی میرحسینی، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۱۳. کیا، سیدمصطفی، (۱۳۸۸)، الگوریتم‌های ژنتیک در MATLAB، تهران، انتشارات کیان رایانه سبز.

۱۴. موسائی، میثم، مهرگان، نادر، رنجبر داغیان، رضا، (۱۳۸۳)، "بررسی کارایی فنی و بازدهی نسبت به مقیاس به روش تابع مرزی تصادفی: مطالعه موردی شعب بانک رفاه"، فصلنامه پژوهش ها و سیاست های اقتصادی، شماره ۱۸ (۵۶)، ۱۵۷-۱۷۸.

۱۵. مهرگان، محمدرضا، (۱۳۸۳)، مدل های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان ها (تحلیل پوششی داده ها)، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

16. Asmild, Mette, Matthews, Kent, (2012), "Multi-directional efficiency analysis of efficiency patterns in Chinese banks 1997–2008", *European Journal of Operational Research*, 219, 434–441.
17. Bahiraie, Alireza, Ibrahim, Noor Akma, Azhar, A.K.M., (2011), "A new dynamic geometric approach for empirical analysis of financial ratios and bankruptcy", *Journal of Industrial and Management Optimization*, 7, 947 - 965.
18. Bahiraie, Alireza, Ibrahim, Noor Akma, Azhar, A.K.M., (2009), "On the Predictability of Risk Box Approach by Genetic Programming Method for Bankruptcy Prediction", *American Journal of Applied Sciences*, 6 (9), 1748-1757.
19. Bahiraie, A., Abbasi, B., Omid, F., NA. Hamzah and AH., Yaakub, "Continuous time portfolio optimization", *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, No. 6 (2) (2015), pp. 103-112.
20. Fukuyama, Hirofumi, Matousek, Roman, (2011), "Efficiency of Turkish banking: Two-stage network
21. system: Variable returns to scale model", *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, 21, 75–91.
22. Holland John.H., (1975), *Adaptation in natural artificial systems*, MIT Press, United States of America.
23. Molyneux, P., Altunbaş, Yener, Gardener, Edward P. M. (1996), "Efficiency in European Banking", Wiley, United States of America.
24. Ravikumar P, Ravi V., (2007), "Bankruptcy Prediction in banks and firms via Statistical and Intelligent Techniques: A Review", *Eur. J. Operat. Res.*, 180(1): 1-28.
25. Staub, Roberta B., da Silva e Souza, Geraldo, Tabak, Benjamin M., (2010), "Evolution of bank efficiency in Brazil: A DEA approach", *European Journal of Operational Research*, 202.