فصلنامه علمی اقتصاد و بانکداری اسلامی، شماره سی و یکم، تابستان ۱۳۹۹- صفحات ۹۸-۶۹

# مدل‌سازی کارآیی بانک‌ها به روش داده‌های پوششی و برنامه‌نویسی ژنتیک

علیرضا بحیرایی[۱]
رضا حامدی[۲]
حمیرا علی‌نیا[۳]
یاسمن صنایعی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۳۱

**چکیده**

*ارزیابی عملکرد سازمان‌ها در جهت‌گیری تصمیمات استراتژیک آتی آنها نقش اساسی دارد. کارایی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی عملکرد بهینه واحدهای اقتصادی است. بانک‌ها یکی از مهم‌ترین واحدهای اقتصادی هستند که می‌توانند با عملیات وسیع بانکی شرایط مناسبی را برای رشد و پیشرفت در بخش‌های مختلف اقتصاد یک کشور فراهم آورند. لذا به همان نسبت که بانک‌های سالم و کارا می‌توانند به رشد اقتصادی کشور کمک نمایند، عملکرد نادرست و ناسالم آنها نیز می‌تواند بحران‌هایی ایجاد نماید. از این‌رو در این مقاله میزان کارایی تکنیکی بانک‌های کشور با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) طی دوره زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۱ اندازه‌گیری شده و بانک‌هایی که با ترکیب نهاده‌های معین به میزان بهتری از ستانده‌ها دست یافته‌اند (بانک‌های کارا) مشخص گردیده‌اند. سپس به مدل‌سازی کارایی تکنیکی سیستم بانکی در طی بازه زمانی مورد مطالعه با استفاده از برنامه‌نویسی ژنتیک پرداخته شده است. در این مقاله سعی خواهیم نمود تا ضمن بررسی عملکرد بانک‌ها 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] فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد ریاضیات مالی دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر دانشگاه سمنان
reza.hamedi@yahoo.com
[۳] فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد ریاضیات مالی دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر دانشگاه سمنان
h_aliniaa@yahoo.com
[۴] استادیار دانشکده فناوری نوین دانشگاه اشرفی اصفهانی yasaman_sanayei@gmail.com

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

*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

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

**مقدمه**

به‌دنبال 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 به‌عنوان 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[1] 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 روش های مدل‌سازی پیشرفته نیز برنامه‌نویسی ژنتیک می‌باشد که در سالیان اخیر از توجه به‌سزای برخوردار گردیده است. از مزیت‌های این‌روش 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

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

### ۱. مفهوم کارایی و انواع آن

به‌طور کلی کارایی مفهومی نسبی است و مقایسه بین عملکرد واقعی و عملکرد ایده‌آل را نشان می‌دهد. کارایی عمدتاً در سه حوزه مهندسی، مدیریت و اقتصاد مطرح است. در اقتصاد مفهوم کارایی همان تخصیص بهینه منابع است. هر سازمانی مجموعه‌ای از ورودی‌ها را برای تولید تعدادی خروجی اعم از کالا یا خدمت استفاده می‌کند. برای مثال شعب بانک‌ها به‌عنوان واحدهای مشابه ورودی‌هایی همچون نیروی انسانی، میزان سپرده، امکانات، فضا و ... را به‌کار می‌گیرند تا خروجی‌هایی نظیر میزان اعطای تسهیلات و میزان ارائه خدمات و میزان سرمایه‌گذاری را تولید کنند (فقیه نصیری وهمکاران، ۱۳۸۹).

هرچه یک واحد بتواند با ورودی کمتر خروجی بیشتری را تولید کند کاراتر است. بین دو واحد که میزان خروجی‌های مختلفی دارند الزاماً آن‌که خروجی بیشتری تولید می‌کند کاراتر نیست، چرا که امکان دارد این واحد خروجی بیشتر را به واسطه استفاده از ورودی‌ها و امکانات بهتر و بیشتری تولید کرده باشد. لذا در بحث کارایی مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌ها ملاک نیستند، بلکه نسبت آنهاست که تعیین‌کننده است. معرفی انواع روش‌های اندازه‌گیری کارایی براساس روش فارل[1] صورت می‌گیرد. وی پیشنهاد کرد که برای اندازه‌گیری کارایی یک بنگاه باید عملکرد آن با عملکرد بهترین بنگاه‌های 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 می‌پردازد، بیان کرد. انواع کارایی عبارتند از: کارایی تکنیکی[2]، کارایی تخصیصی[3] و کارایی اقتصادی[4] (علی‌اکبر درویشی ایوری، ۱۳۹۰).

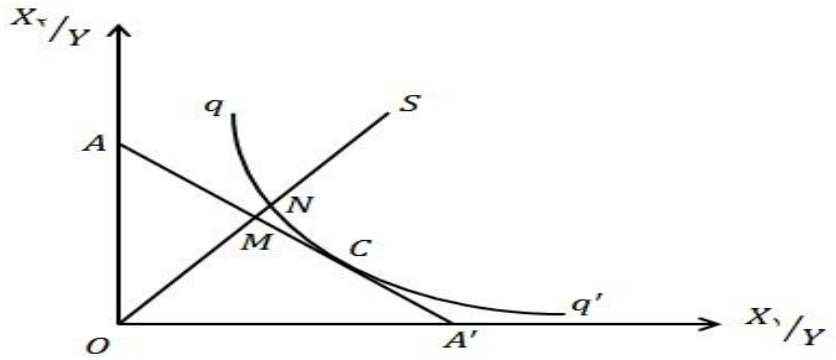
#### ۱-۱. کارایی تکنیکی

کارایی تکنیکی نشان‌دهنده توانایی بنگاه در کسب حداکثر محصول از مقدار معین ورودی‌ها، یا به‌عبارتی استفاده از حداقل ورودی‌ها برای دستیابی به میزان معین خروجی است. با توجه به شکل ۱، منحنی $qq'$ منحنی هم‌مقداری تولید است که سطح تولید معینی از محصول را با استفاده از ترکیب‌های مختلفی از $X_1$ و $X_2$ به‌دست می‌دهد. اگر $S$ نشان‌دهنده یکی از بنگاه‌ها باشد، کارایی تکنیکی آن که فاصله شعاعی از مبدأ می‌باشد به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

---

1 Farrel (1957)
2 Technical Efficiency
3 Allocation Efficiency
4 Economic Efficiency

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]




**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 می‌شود عملکرد واقعی واحد در سطحی کمتر از مقدار قابل حصول باشد را در برمی‌گیرد. نقطه $N$ همان مقدار تولید را با به‌کارگیری عوامل کمتر حاصل می‌کند و روی منحنی قرار دارد. از این‌رو یک نقطه کارا است و توان واحد مورد بررسی را برای به‌دست آوردن حداکثر محصول از مجموعه عوامل تولید منعکس می‌کند. مقدار $NS$ نیز نشان دهنده ناکارایی تکنیکی است ( فقیه نصیری وهمکاران، ۱۳۸۹).

### ۱-۲. روش‌های محاسبه کارایی

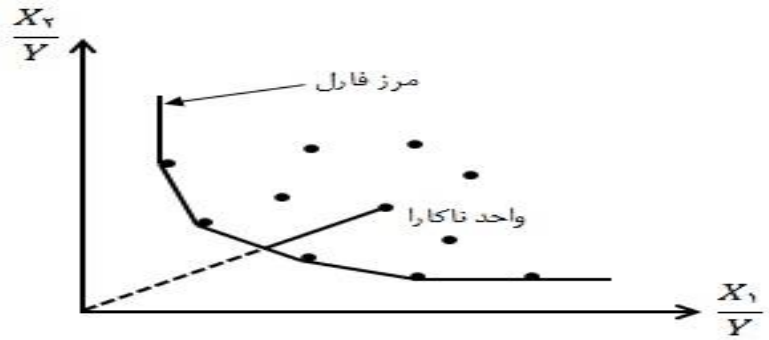
تمامی تکنیک‌های محاسبه کارایی براساس تابع تولید استوار است. تابع تولید تابعی است که بیشترین خروجی ممکن را به ازای هر ورودی در یک سازمان مشخص می‌کند. در حالت کلی روش‌های تعیین تابع تولید به دو دسته روش‌های پارامتری و روش‌های ناپارامتری تقسیم می‌شوند ( غلامرضا جهانشاهلو و همکاران، ۱۳۸۷).

#### ۱-۲-۱. روش‌های ناپارامتری (تحلیل پوششی داده‌ها)

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

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

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




**شکل ۲. مرز فارل**

مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها به دو گروه عمده مدل‌های CCR و مدل‌های BCC تقسیم می‌شوند. پایه‌ای‌ترین مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها یعنی مدل‌های CCR کارایی را با فرض بازده نسبت به مقیاس ثابت[1] می‌سنجند. این مدل‌ها اولین بار در سال ۱۹۷۸ در تعمیم روش فارل برای حالت چند ورودی و چند خروجی توسط چارنز، کوپر و رودز[2] ارائه گردیدند. مدل‌هایBCC نیز کارایی را با فرض بازده به مقیاس متغیر[3] می‌سنجند. این مدل‌ها نیز اولین بار در سال ۱۹۸۴ توسط بنکر، چارنز و کوپر[4] ارایه شدند. هم مدل‌های CCR و مدل‌های BCC به دو فرم مضربی و پوششی وجود دارند.

در مدل CCR میزان کارایی مانند روش‌های پارامتری به‌صورت نسبت خروجی به ورودی تعریف می‌شود و واحدی که این نسبت برای آن بیشتر باشد واحد کارا نامیده می‌شود. اگر وزن‌های $u_i$ $(i = 1.2. \dots . n)$، $v_j$ $(j = 1.2. \dots . m)$ را به ورودی‌ها و وزن‌های را به خروجی‌ها نسبت دهیم؛ لذا برای محاسبه این وزن‌ها باید یک مسأله کسری را حل کنیم. از آنجایی مدل کسری مدلی غیرخطی است برای سهولت در حل می‌توان 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)

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

$$Max \sum_{j=1}^{m} v_j y_{jk} \qquad ; k = 1.2. \ldots . s$$
$$s.t. \sum_{i=1}^{n} u_i x_{ik} = 1$$
$$\sum_{j=1}^{m} v_j y_{jk} \leq \sum_{i=1}^{n} u_i x_{ik}$$
$$\forall\, i.j \quad u_i . v_j \geq \cdot$$

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 به‌دست 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 به‌صورت زیر قابل بیان است:

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

$s_i^-$ متغیر کمکی مربوط به محدودیت $i$ام ورودی است که، نمایانگر مازاد در ورودی و $s_j^+$ متغیر کمکی مربوط به محدودیت $j$ام می‌باشد که، کمبود در خروجی را نمایش می‌دهد. اگر میزان کارایی بهینه در مدل ورودی محور برابر $\theta^*$ و در مدل خروجی محور برابر با $\varphi^*$ 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. به‌عبارتی 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.

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

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

اگر در مدل پوششی CCR ، $\theta^* = 1$ (در ماهیت ورودی محور) یا $\varphi^* = 1$ (در ماهیت خروجی محور) و در تمامی جواب‌های بهینه مقادیر متغیرهای کمکی برابر صفر باشند، آنگاه واحد تحت بررسی کارای قوی[1] یا کارای پارتو است. در غیر این‌صورت کارای ضعیف می‌باشد [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:

$$\begin{aligned} Max & \sum_{j=1}^{m} v_j y_{jk} + v_0 \quad ; k = 1.2. \ldots . s \\ s.t. & \sum_{i=1}^{n} u_i x_{ik} = 1 \\ & \sum_{j=1}^{m} v_j y_{jk} + v_0 \le \sum_{i=1}^{n} u_i x_{ik} \\ & \forall\, i.j \quad ; u_i . v_j \ge \cdot \end{aligned}$$

دوگان فرم مضربی مدل BCC را نیز فرم پوششی این مدل می‌نامند که به‌صورت زیر بیان می‌شود:

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

حالت‌های مربوط به ماهیت ورودی محور[2] را برای تمامی مدل‌های مطرح شده می‌توان مشاهده کرد.

---

[1] strongly Efficient

[2] در ماهیت ورودی محور، فاصله یک واحد تا مرز کارایی به این شکل سنجیده می‌شود که سطح خروجی‌ها ثابت می‌ماند و سطح ورودی‌ها همگی با یک نسبت کاهش می‌یابد و به $\theta_k \le 1$ برابر سطح ورودی‌های فعلی می‌رسد

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

### ۱-۳. مقدمه‌ای بر محاسبات تکاملی و برنامه‌نویسی ژنتیک[1]

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[2] از برنامه‌های کامپیوتری اعمال می‌شود. درصورتی‌که الگوریتم ژنتیک معمولاً روی رشته‌ای از اعداد عمل می‌کند. برنامه‌نویسی ژنتیک در مقایسه با الگوریتم ژنتیک بهینه‌سازی بیشتری روی ساختارهای پیچیده دارد. از این‌رو می‌تواند در مسایل مختلف به‌کار برده شود.

GP یک روش سیستماتیک کامپیوتری برای حل خودکار مسایل است. به این ترتیب که از یک دستور سطح بالا[3] 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[4]، جهش[5] ، تولید مثل[6]، تکثیر ژن[7] و حذف ژن[8].

در GP سعی می‌شود که با استفاده از الگوریتم ژنتیک و مفهوم درخت تصمیم‌گیری[9] برای کاربردهای خاص، به جای این‌که 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

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

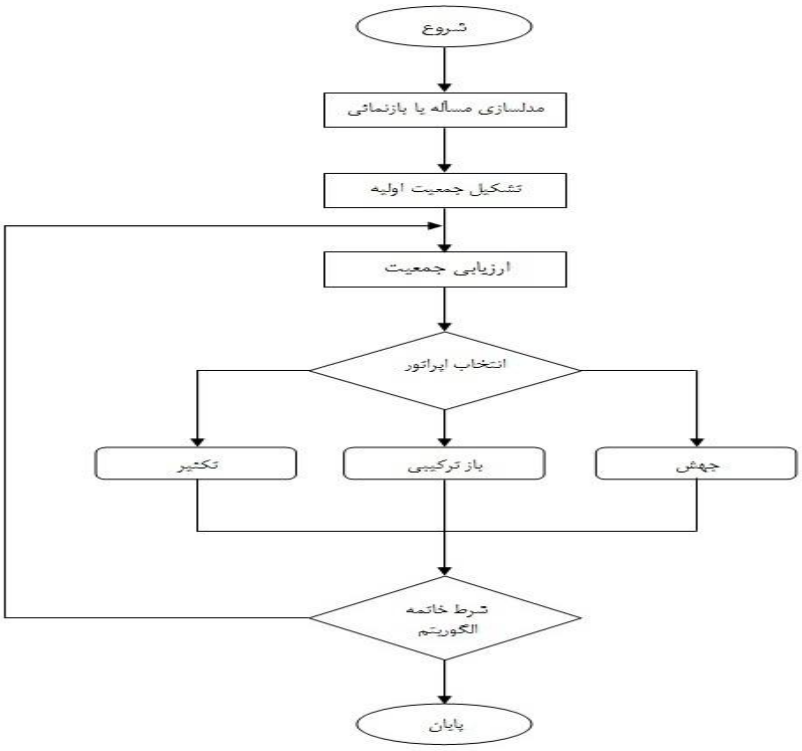
با دانستن مفهوم کلی از کار برنامه مورد نظر را برای ما آماده کند. درواقع یک دستور سطح بالا به کامپیوتر بدهیم و خود کامپیوتر اقدامات لازم برای اجرای برنامه مورد نظر را آماده کند، سپس برنامه را اجرا و خروجی مطلوب را به ما ارائه دهد. تفاوت این دو روش در نحوه نمایش جواب است. به این معنی که اولی برنامه‌هایی را به‌عنوان جواب تولید می‌کند. درحالی‌که 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، درحالی‌که 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 [1] 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 به‌عنوان 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 مدل‌سازی کارایی بانک‌ها با برنامه‌نویسی ژنتیک پرداخته شده است.

[1] fitness

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]




**شکل ۳. خلاصه عملکرد برنامه‌نویسی ژنتیک**

(علیرضا بحیرایی و همکاران، ۲۰۰۹)

### ۱-۴. 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

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

واحدهای کارا کاهش یابد. به‌عبارتی استفاده از این وزن‌ها باعث می‌شود تا روش تحلیل پوششی داده بین کارایی شعب تفاوت بیشتری قائل شود؛ که این امر موجب افزایش دقت این روش شده است. فقیه‌نصیری و همکاران (۱۳۸۹)، در مقایسه کارایی پست بانک‌های 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 داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد 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 سرپرستی‌ها با اداره پست بانک (دارایی کل)، تعداد پرسنل و تعداد شعبه‌ها رابطه منفی و با درآمد کل پست بانک و زمان رابطه مثبت دارد. دادگر و نیکی‌نعمت (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 پرداخته‌اند. فرضیه اصلی این تحقیق این است که وضعیت ورودی‌ها و خروجی‌های سرپرستی‌های بانک تجارت بهینه نیست و با اصلاح عوامل، کارایی آنها قابل افزایش است. نتایج نشان می‌دهد که میانگین کارایی سه سال به ترتیب ۷/۷۹درصد، ۷۸ درصد و ۲/۴۷ درصد است. حقیقت و نصیری (۱۳۸۲)، در بررسی کارایی سیستم بانکی با کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی ۱۷۲ شعبه بانک کشاورزی در منطقه چهار کشور[1] را با فرض‌های بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و متغیر مورد ارزیابی قرار داده‌اند. 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 شعبه‌های اصلی خدمات شهری به میزان ۸۴ درصد مربوط به واحدهایی با اندازه متوسط و در حالت بازدهی نسبت به مقیاس متغیر در میان شعبه‌های خدمات روستایی به میزان ۹۸ درصد مربوط به شعبه‌های با اندازه کوچک می‌باشد. همچنین بیشتر واحدها در تمام گروه‌ها دارای بازدهی فزاینده هستند.

اسمیلد و ماتیوس[2] (۲۰۱۲)، در تحلیل کارایی چند جهتی از الگوهای کارایی در بانک‌های چین طی ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۸، نشان داده‌اند که چه تفاوتی بین الگوهای کارایی بین زیر گروه‌های متفاوت

[1] استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و اردبیل

[2] Mette Asmild, Kent Matthews

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

مطابق با یک مجموعه داده بررسی شده با استفاده از MEA[1] 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[2] (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 پیآمد 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 کاهشی 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[3] (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 می-دهد 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[4] 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

[1] Multi-directional efficiency analysis
[2] Roberta B. Staub, Geraldo da Silva e Souza, Benjamin M. Tabak
[3] Hirofumi Fukuyama, Roman Matousek
[4] Return on Assets

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

همکاران (۲۰۰۹)، در پیش‌بینی با رویکرد جعبه ریسک[1] به‌وسیله GP برای پیش‌بینی ورشکستگی، به مطالعه یک روش هندسی جدید برای تجزیه و تحلیل ریسک ورشکستگی با استفاده از نسبت‌های مالی به وسیله برنامه‌نویسی ژنتیک پرداخته‌اند. در این چهارچوب پیشنهاد استفاده از یک نسبت جدید به‌نام جعبه ریسک را داده‌اند که این تحقیق یک چشم‌انداز تکمیلی از ورشکستگی را ارائه می‌دهد.

## ۲. مدل تحقیق و توصیف کارایی

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

**جدول ۱. بانک‌های 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

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

### 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 به‌کار 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

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

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 بانک‌ها**

| 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 می‌باشند.

## 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 می‌کند؟

از این‌رو مقایسه نمره کارایی CCR و BCC ضروری است. مدل CCR برقراری بازده نسبت به مقیاس ثابت در مجموعه امکان تولید را فراهم می‌کند. یعنی انبساط و انقباض شعاعی تمام واحدها و ترکیب‌های نامنفی آنها امکان‌پذیر است. از این‌رو نمره کسب شده توسط آن کارایی تکنیکی سراسری نامیده می‌شود. از طرفی در مدل BCC ترکیب محدب واحدها به‌عنوان مجموعه امکان تولید فرض شده و نمره کسب شده توسط آن نیز کارایی تکنیکی محض نامیده می‌شود (کوپر ویلیام . همکاران، ۱۳۸۹). اگر یک واحد از نظر مدل BCC کارا ولی از نظر CCR امتیاز پایینی از

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

کارایی داشته باشد، آنگاه این واحد به‌طور موضعی کاراست. ولی به‌دلیل اندازه‌اش کارای سراسری نیست. بنابراین منطقی است تا کارایی مقیاس یک واحد را به‌وسیله نسبت این دو امتیاز مشخص کنیم.

کارایی مقیاس[1] یک واحد، از نسبت کارایی در مقیاس بهینه به‌دست 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 این‌که، 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 به‌دست آورد. میزان کارایی مقیاس نیز از نسبت نمره کارایی تحت بازدهی نسبت به مقیاس ثابت به نمره کارایی تحت بازدهی نسبت به مقیاس متغیر به‌دست می‌آید.

$$SE = \frac{\varphi^*_{CCR}}{\varphi^*_{BCC}}$$

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 به‌صورت یک خط راست است که واحدهای کارا روی آن قرار دارند و یا به‌عباراتی 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

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

اختلاف دارد. زمانی که کارایی تکنیکی محض (PTE) از کارایی مقیاس بزرگتر باشد، در این حالت ناکارایی مقیاس ایجاد می‌شود. در حالت عکس این موضوع بخش عمده عدم کارایی ناشی از ناکارایی تکنیکی خالص یا همان ناکارایی مدیریتی (عملیاتی) است. طبق نتایج به‌دست آمده نیز می‌توان عنوان کرد که، ناکارایی بانک‌های کشور عمدتاً از نوع ناکارایی مدیریتی است.

$$TE = PTE \times SE$$

## ۳. کارایی بهینه بانک‌های کشور

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 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 مدل‌سازی کارایی با برنامه‌نویسی ژنتیک پرداخته و یک مدل تحلیلی برای سیاست‌گذاری بهتر بانک‌ها ارائه می‌دهیم. در ادامه کار پتانسیل بانک‌ها برای بهبود کارایی مورد بررسی قرار می‌دهیم.

### ۳-۱. مدل‌سازی کارایی با برنامه‌نویسی ژنتیک

برنامه‌نویسی ژنتیک یکی از انواع الگوریتم‌های تکاملی است که مبتنی بر تکامل بیولوژیکی و اصل بقای بهترین می‌باشد که بر پایه این اصل به‌دنبال یافتن بهترین برنامه کامپیوتری برای انجام یک فعالیت خاص است. از این‌روش یادگیری ماشین برای بهینه‌سازی جمعیتی از برنامه‌های کامپیوتری جهت انجام یک کار محاسباتی استفاده می‌شود. GP برنامه‌ها را به‌حالت درختی نمایش می‌دهد، که به راحتی می‌توان آنها را به‌صورت بازگشتی بررسی نمود. در هر گره درخت یک عملگر و در هر ترمینال یک عمل‌وند قرار می‌گیرد. که بیان ریاضی ساده‌ای برای ارزیابی دارد.

یکی از زیر مجموعه‌های برنامه‌نویسی ژنتیک که بر پایه درخت‌های تصمیم‌گیری بهترین برنامه کامپیوتری و بهترین مدل را برای هدف مشخصی استخراج می‌کند، برنامه‌نویسی به بیان ژنی است. در این تحقیق از آن برای یافتن مدلی مناسب که می‌تواند ارتباط ورودی و خروجی‌های در نظر گرفته شده را با کارایی به‌دست آمده از تحلیل پوششی داده‌ها توصیف کند، استفاده شده است. در این راستا آخرین مرحله به‌منظور اعمال یک تناسب خاص برای مسائل طبقه‌بندی شده به‌دست آوردن بهترین تابع تناسب است. لذا مجذور نسبی خطا (*RSE*) و میانگین مجذور خطا (MSE) می‌تواند برای ارزیابی عملکرد قوانین دسته‌بندی حاصل شده استفاده شود. از *(RSE)* به‌دلیل سادگی به‌عنوان 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

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

است. لذا $f_{max} = n$ ، یعنی اینکه تعداد موردهای متناسب برابر با $n$ می‌باشد. اگر $h$ را یک تناسب خام[1] نام‌گذاری کنیم، آنگاه $rf_i$ را مکمل آن و به اصطلاح صرفه‌جویی[2] می‌گوییم که راه حل‌های در حال تکامل را برای دست‌یابی به مدل فشرده‌تر، تحت فشار قرار می‌دهد [۱۸]. بنابراین $rf_{max} = n$. تناسب با فشار صرفه‌جویی[3] هم که با $fpp_i$ به‌صورت زیر است:

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

که $S_i$ اندازه برنامه و $S_{min}$ و $S_{max}$ به‌ترتیب کمترین و بیشترین جمعیت برنامه‌ها را نشان می‌دهند. حداقل و حداکثر اندازه برنامه از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

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

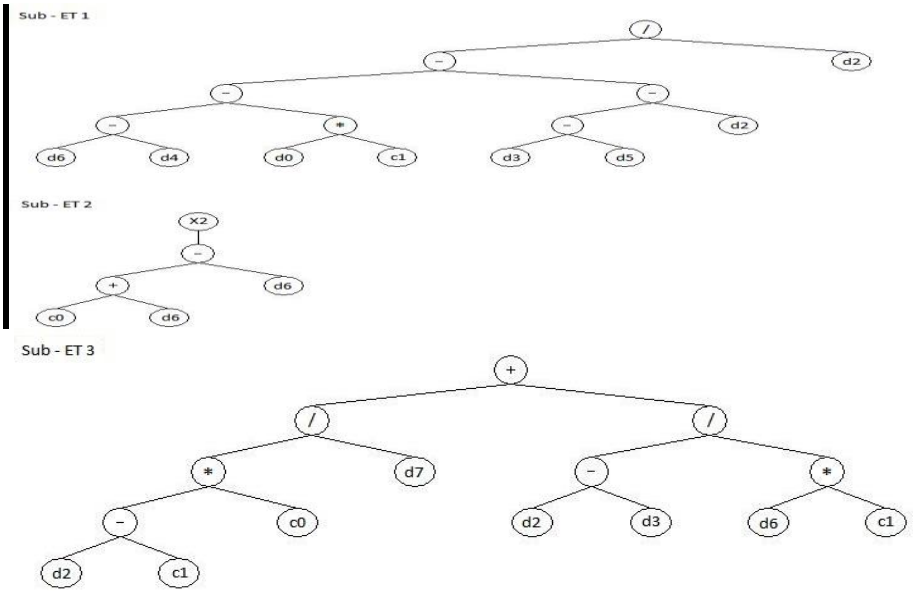
که در آن $G$ تعداد ژن‌ها و $t$ اندازه سر و دم [4] آنها می‌باشد. بنابراین زمانی که $rf_i = rf_{max}$ و $S_i = S_{min}$ و $fpp_i = 1.000000002 \times rf_{max}$ آنگاه فرآیند برنامه‌نویسی بهینه خواهد بود. با استفاده از دو عمل اصلی برنامه‌نویسی ژنتیک، یعنی عمل تلفیق و جهش و با ماکزیمم تناسب برابر با ۱۰۰۰ اقدام به برآورد مدل و استخراج آن گردید که مدل مورد نظر را بعد از ۴۰۰۰۰ بار تولید نسل[5] با بهترین تناسب برابر با ۶۵۰ و R-Square مساوی با ۰,۷۶ به‌دست آمد.

**جدول ۳. تعریف شاخص‌ها در برنامه‌نویسی ژنتیک**

| شاخص | دارایی ثابت | نیروی کار | درآمد کل | سپرده |
|---|---|---|---|---|
| نمایش | $d_0$ | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ |
| شاخص | حقوق صاحبان سهام | تسهیلات | سرمایه‌گذاری 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

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]




**شکل ۴. درخت تصمیم‌گیری برنامه‌نویسی 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 نرم‌افزار**

### ۳-۲. بهبود نمرات کارایی برای بانک‌های ناکارا

در این بخش پتانسیلی که هر بانک ناکارا برای رسیدن به مرز کارایی دارد ارائه می‌شود. این پتانسیل از اختلاف مقادیر فعلی و مطلوب شاخص‌های خروجی به‌دست می‌آید . در واحدهای کارا

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

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 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *CRS* | *VRS* | *CRS* | *VRS* | *CRS* | *VRS* |
| 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.

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

**جدول ۵. پتانسیل بانک رفاه برای رسیدن به مرز کارایی**

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

متوسط کارایی تکنیکی بانک سامان در حالت CRS برابر با 0.8941 و در حالت VRS برابر با 0.9285 است. پتانسیل شاخص‌های خروجی بانک سامان برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت‌های 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 | | سرمایه‌گذاری کل | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *CRS* | *VRS* | *CRS* | *VRS* | *CRS* | *VRS* |
| ۱۳۹۱ | ۳۳۰۱ | ۲۳۴۱ | ۳۲۴ | ۴۳۱ | ۱۰۱ | ۴۲ |
| ۱۳۹۲ | ۳۰۹۰ | ۳۱۲۷ | ۲۸۴ | ۳۱۹ | ۴۵ | ۷۴ |
| ۱۳۹۳ | ۴۳۲۱ | ۱۹۸ | ۳۹۹ | ۳۱ | ۳۸ | ۲۱ |
| ۱۳۹۴ | ۸۴۳۵ | ۷۴۵۶ | ۳۹۰ | ۴۲۱ | ۹۱ | ۸۶ |
| ۱۳۹۵ | ۶۲۳۴ | ۴۵۶۱ | ۲۹۸ | ۳۶۵ | ۴۱ | ۳۶ |
| ۱۳۹۶ | ۳۲۳ | ۱۰۰۸ | ۲۳ | ۱۰۲ | ۲ | ۷۳ |

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

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

**جدول ۷. پتانسیل بانک سپه برای رسیدن به مرز کارایی**

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

متوسط کارایی تکنیکی بانک سرمایه در حالت CRS برابر با 0.9231 و در حالت VRS برابر با 0.9444 است. پتانسیل شاخص‌های خروجی بانک سرمایه برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت‌های 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 | | سرمایه‌گذاری کل | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *CRS* | *VRS* | *CRS* | *VRS* | *CRS* | *VRS* |
| ۱۳۹۱ | ۱۷۵۳ | ۷۳۴۱ | ۲۲۴ | ۱۳۱ | ۶۴ | ۹۳ |
| ۱۳۹۲ | ۱۶۷۵ | ۱۸۹۹ | ۲۰۵ | ۱۱۱ | ۷۲ | ۶۵ |
| ۱۳۹۳ | ۱۳۶۸ | ۸۷۴ | ۱۳۱ | ۸۵ | ۴۲ | ۹ |
| ۱۳۹۴ | ۲۵۶۴ | ۱۸۹۲ | ۱۷۳ | ۲۱۰ | ۲۱ | ۳۶ |
| ۱۳۹۵ | ۲۲۱۷ | ۲۰۸۴ | ۲۳۴ | ۹۳ | ۸۳ | ۴۰ |
| ۱۳۹۶ | ۴۱۵۷ | ۲۴۵۶ | ۴۵۰ | ۲۵۷ | ۸۸ | ۵۸ |

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

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

**جدول ۹. پتانسیل بانک صادرات برای رسیدن به مرز کارایی**

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

متوسط کارایی تکنیکی بانک کارآفرین در حالت CRS برابر با 0.9470 و در حالت VRS برابر با 0.9972 است. پتانسیل شاخص‌های خروجی بانک کارآفرین برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت‌های 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 | | سرمایه‌گذاری کل | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *CRS* | *VRS* | *CRS* | *VRS* | *CRS* | *VRS* |
| 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 |

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

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.

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

**جدول ۱۳. پتانسیل بانک ملت برای رسیدن به مرز کارایی**

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

متوسط کارایی تکنیکی بانک ملی در حالت CRS برابر با 0.9407 و در حالت VRS برابر با 0.9554 است. پتانسیل شاخص‌های خروجی بانک ملی برای رسیدن این بانک به مرز کارایی در هر کدام از حالت‌های 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 | | سرمایه‌گذاری کل | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *CRS* | *VRS* | *CRS* | *VRS* | *CRS* | *VRS* |
| ۱۳۹۱ | ۴۱۶۵۴ | ۱۹۶۷۵ | ۴۰۱۰ | ۱۷۸۵ | ۳۳۸۷ | ۱۶۷۳ |
| ۱۳۹۲ | ۹۱۵۴۳ | ۴۵۹۸۷ | ۸۷۰۳ | ۴۵۲۰ | ۶۶۸۷ | ۳۵۹۰ |
| ۱۳۹۳ | ۲۱۶۵۴ | ۷۵۱۰ | ۱۵۱۶ | ۶۴۳ | ۱۴۹۰ | ۵۸۵ |
| ۱۳۹۴ | ۵۴۳۲ | ۴۱۲۰ | ۱۰۲۱ | ۷۵۰ | ۵۶۳ | ۵۴۹ |
| ۱۳۹۵ | ۳۲۱۰ | ۸۳۲۴ | ۲۵۱ | ۷۳۲ | ۱۴۵ | ۱۰۱۰ |
| ۱۳۹۶ | ۹۶۵۴ | ۶۲۳۰ | ۷۶۵ | ۶۴۱ | ۵۵۵ | ۶۴۱ |

## ۴. نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر، کارایی تکنیکی بانک‌های کشور را طی دوره زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۱ با به‌کارگیری رویکرد ناپارامتری تحلیل پوششی داده‌ها بررسی می‌کند. در این راستا، ابتدا تعاریف و تاریخچه‌ای از بانکداری در ایران ارائه شد. سپس روش‌های محاسبه کارایی مانند روش‌های پارامتری و ناپارامتری مورد بحث قرار گرفت. سپس توضیحی از مفاهیم اولیه تحلیل پوششی داده‌ها، مزایا و معایب و توضیح مختصری از مدل‌های اساسی آن یعنی مدل‌های CCR ، BCC و مدل جمعی داده شد. پس از آن به ارائه توضیحاتی در رابطه با برنامه‌نویسی ژنتیک پرداختیم. همچنین به نمونه‌هایی از

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

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 اولین‌بار 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 قرارداده 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 سنجه‌های 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 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 مدل‌سازی کارایی با برنامه‌نویسی ژنتیک GP پرداخته شد و یک مدل تحلیلی برای سیاست‌گذاری بهتر بانک‌ها ارائه دادیم. در مرحله بعد کار پتانسیل

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

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. به‌گونه ای که اگر واحد ناکارا مقادیر فعلی در شاخص‌ها را به مقادیر مطلوب ارتقا می‌داد به سطح کارایی 100 ٪ می‌رسید. درصورتی‌که 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 خروجی‌محور 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.

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

## 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، ۳-۲۷.

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، ۱۱-۵۴.

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"، (۱۳۸۷)، 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، ۱۱۸-۹۹.

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.


[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]

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 پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۱۸ (۵۶)، ۱۵۷-۱۷۸.

۱۵. مهرگان، محمدرضا، (۱۳۸۳)، مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها (تحلیل پوششی داده‌ها)، 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., Omidi, 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.

[ Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-05 ]