



Paper type: Research Article

Implementation of Performance Audit in Target Organizations Using Neural Networks and Genetic Algorithm (Case study: Audit Court)

Fariborz Avazzadeh Fattah^{1*}, Mohadeseh Tondro², Nasser Eghbalifar³, Zahra Sadat Hosseini⁴

Received: 2023/12/30

Accepted: 2024/02/27

Abstract

One of the major challenges of performance audit is identifying the factors affecting the correct implementation and the extent and manner of impact of these factors on improving the operational process of executive organizations. Therefore, the purpose of the current research was to implement performance audit in the Audit Court of Iran. This research was applied and had two populations. The first group was comprised of specialists and experts (auditors of the audit organization, auditors of the Audit Court and accountants and financial managers of the Audit Court). The second group consisted of employees and managers of the National Audit Court during the research period. In the first population, the snowball technique was used to determine the sample size, and 14 people were selected based on the principle of information saturation. In the second population, the convenience sampling method was used to determine the sample size using Cochran's formula ($n=315$). Based on the theoretical foundations, 8 factors affecting the implementation of performance audit in the National Audit Court were identified; and regarding the Delphi-phase type 3 approach, the identified factors were confirmed. Then, 18 neural network, genetic, heuristic, and meta-heuristic approaches were investigated to study the effect of the factors on the implementation of performance audit in the National Audit Court. According to the results, Grey Wolf approach was more accurate than other methods. Based on the results of Grey Wolf method, infrastructure variables (0.344), efficiency (0.1849), effectiveness (0.113), economic efficiency (0.295), culturalization (0.366), specialist human resources (0.598), organization performance (0.461) and management and leadership (0.680) had a positive and significant effect on the implementation of performance audit.

Keywords: Performance audit, Audit court, Neural network, Genetic algorithm, Gray Wolf.



1. Assistant Prof, Department of Accounting, Gachsaran Branch, Islamic Azad University, Gachsaran, Iran.

*Corresponding Author: favazzadeh2010@gmail.com

2. Ph.D. Candidate in Accounting, Yasouj Branch, Islamic Azad University, Yasouj, Iran.

3. Instructor, Department of Accounting, Yasouj Branch, Islamic Azad University, Yasouj, Iran.

4. Assistant Prof, Department of Accounting, Yasouj Branch, Islamic Azad University, Yasouj, Iran.

نوع مقاله: پژوهشی

پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در دستگاه‌های هدف با استفاده از شبکه‌های عصبی و الگوریتم ژنتیک (بررسی موردی دیوان محاسبات)

فریبرز عوض زاده فتح^{۱*}، محدثه تندرو^۲، ناصر اقبالی فر^۳، زهرا سادات حسینی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۸

چکیده

یکی از چالش‌های عمده حسابرسی عملکرد، شناسایی عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی صحیح و میزان و نحوه اثرگذاری این عوامل بر بهبود فرآیند عملیاتی دستگاه‌های اجرایی است؛ بر این اساس، هدف پژوهش حاضر، پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در دیوان محاسبات کشور است. این پژوهش در قلمرو پژوهش‌های کاربردی است. پژوهش حاضر دارای دو جامعه است؛ جامعه اول: متخصصان و خبرگان (حسابرسان سازمان حسابرسی، حسابرسان دیوان محاسبات و حسابداران و مدیران مالی دیوان محاسبات) و جامعه دوم: کارمندان و مدیران دیوان محاسبات کشوری در بازه زمانی پژوهش است. در جامعه اول، از تکنیک گلوله برفی جهت تعیین حجم نمونه بهره گرفته شد و بر اساس اصل اشباع اطلاعاتی ۱۴ نفر انتخاب شدند. در نمونه دوم، از روش نمونه‌گیری در دسترس با استفاده از فرمول کوکران اقدام به تعیین حجم نمونه که ۳۱۵ نفر به عنوان نمونه انتخاب شدند. بر اساس مبانی نظری ۸ عامل مؤثر بر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در دیوان محاسبات کشور شناسایی شدند؛ بر اساس رویکرد دلفی- فازی نوع ۳ عوامل شناسایی شده مورد تأیید قرار گرفتند. سپس ۱۸ رویکرد شبکه عصبی، ژنتیک و الگوهای ابتکاری و فرایته‌کاری جهت بررسی نحوه اثرگذاری عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در دیوان محاسبات کشور مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج، رویکرد گرگ خاکستری نسبت به سایر روش‌ها از دقت بالاتری برخوردار بود. بر اساس نتایج روش گرگ خاکستری، متغیرهای زیرساخت‌ها (۰/۳۴۴)، کارایی (۰/۱۸۵)، اثربخشی (۰/۱۱۳)، صرفه اقتصادی (۰/۲۹۵)، فرهنگ‌سازی (۰/۳۶۶)، نیروی انسانی متخصص (۰/۵۹۸)، عملکرد سازمان (۰/۴۶۱)، مدیریت و رهبری (۰/۶۸۰) بر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد تأثیر مثبت و معنادار دارند.

کلمات کلیدی: حسابرسی عملکرد، دیوان محاسبات، شبکه عصبی، الگوریتم ژنتیک، گرگ خاکستری.



۱. استادیار گروه حسابداری، واحد گچساران، دانشگاه آزاد اسلامی، گچساران، ایران. * (نویسنده مسئول): favazzadeh2010@gmail.com

۲. دانشجوی دکتری حسابداری، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران.

۳. مربی گروه حسابداری، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران.

۴. استادیار گروه حسابداری، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران.

مقدمه

به نظر می‌رسد در سازمان‌ها علاوه بر رویکرد غالب سه گانه ارزش‌محور، روش‌محور و کاربرد محور، الگوهای ارزیابی خط‌مشی از کارایی بالاتری برخوردارند (اوون^۱، ۲۰۲۰)؛ ارزیابی این خط‌مشی‌ها با استفاده از رویکرد حسابرسی عملکرد امکان‌پذیر است (حیدر و همکاران، ۲۰۲۳)؛ حسابرسی عملکرد بیانگر یک بررسی عینی است که به‌وسیله آن خط‌مشی‌ها، سیستم‌ها و مدیریت عملیات در واحدهای مورد حسابرسی تشخیص داده می‌شود و از طریق آن دستاوردها با برنامه‌ها و نتایج با قوانین و فعالیت‌ها با خط‌مشی مقایسه می‌شود تا انحرافات (منفی و مثبت) شناسایی شود (عبدالعباس و همکاران^۲، ۲۰۲۳؛ چالمرز^۳، ۲۰۱۹). حسابرسی عملکرد به بررسی علل این انحرافات می‌پردازد (عبدالکریم و کاظم^۴، ۲۰۱۹). حسابرسی عملکرد، این اطمینان را می‌دهد که منابع اقتصادی به طور کارآمد مدیریت می‌شوند (علی و همکاران^۵، ۲۰۲۲). حسابرسی عملکرد دستیابی به اثربخشی، کارایی، صرفه اقتصادی را تقویت می‌کند (محمد التوبی، عبد و کریم^۶، ۲۰۲۲). حسابرسی عملکرد به طور کلی به عنوان یک بررسی هدفمند و سازمان یافته از عملکرد سازمان، برنامه، فعالیت یا عملکرد دولتی برای ارائه اطلاعاتی که پاسخ‌گویی عمومی را بهبود می‌بخشد و تصمیم‌گیری را تسهیل می‌کند، تعریف می‌شود (کریم و همکاران، ۲۰۲۲)؛ بنابراین، فرآیند حسابرسی عملکرد یکی از مهم‌ترین کارکردهای اداری تلقی می‌شود که واحد اقتصادی باید برای اندازه‌گیری موفقیت طرح‌هایی که در دست دارد باید مورد توجه قرار دهد (عباس، عبد و کریم، ۲۰۲۰). نقاط قوت و تلاش برای حمایت و تعمیم آن‌ها در جنبه‌هایی که در آن نقاط ضعف ظاهر شده است، که منجر به بهبود عملکرد واحد اقتصادی با رسیدن به بهترین سطوح کارایی و اثربخشی می‌شود (کریم، جبار و عبد^۷، ۲۰۲۲)؛ حسابرسی عملکرد دستیابی به پاسخ‌گویی را تسهیل می‌نماید؛ چرا که ارزیابی مستقلی از عملکرد سازمان ارائه می‌نماید (دیتنفور^۸، ۲۰۲۰). حسابرسی عملکرد موجب بهبود عملکرد سازمان‌های دولتی و خصوصی شده و از طریق افزایش کارایی، مسیر را برای بهبود و توسعه اقتصادی فراهم می‌سازد (حیدر و همکاران، ۲۰۲۳). حسابرسی عملکرد، مهم‌ترین رخدادهای عملکردهای بخش دولتی را که برای سیاست‌مداران و مردم مهم است برجسته نموده و امکان تمایز فعالیت‌های مشروع را از اقدامات غیرقانونی میسر می‌سازد (داجوتایت و ادومیوکات^۹، ۲۰۱۷). حسابرسی عملکرد، بخش عمومی را قادر می‌سازد تا سیاست‌های خود را بر اساس ارتباط با شهروندان اصلاح، بهبود و تقویت کند (برنکمیر و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۸) و به طور قابل ملاحظه‌ای بر روی سازمان و رفتار دستگاه‌های سیاسی و اداری تأثیرگذار می‌باشد (داجوتایت و ادومیوکات، ۲۰۱۷). حسابرسی عملکرد یک روند ضروری برای توسعه و ترقی و همچنین عنصر کلیدی در تسریع تغییر بنیادین در کار حسابرسی از مدل سنتی به مدل مدرن می‌باشد (گروه مطالعه اداره حسابرسی ایالتی ذیجیانگ، ۲۰۱۹).

باعنایت به اینکه اقتصاد کشورمان یک اقتصاد دولتی است و از طرفی حسابرسی عملکرد برای مدیریت بهینه منابع بخش عمومی ضرورت دارد (سرخابی و همکاران، ۱۴۰۱)، بنابراین تدوین الگویی جامع و استاندارد برای انجام تمامی فرایندهای ممکن حسابرسی عملکرد، ضروری و حیاتی خواهد بود. مسئله اصلی پژوهش حاضر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در دستگاه‌های هدف با استفاده از شبکه‌های عصبی و الگوریتم ژنتیک با تأکید بر سازمان دیوان محاسبات است. بسیاری از محققان برای پیشبرد رویکردهای پیش‌بینی با ارائه انواع استراتژی‌ها و مدل‌ها برای دور زدن محدودیت‌های مدل‌های پیش‌بینی

1 Owen

2 Abdulabbass, Hassan& El-Toby

3 Chalmers

4 Abd, Kareem & Kadhim

5 Ali, Abd, & Kareem

6 Mohamed El-Toby, Abd & Kareem

7 Kareem, Jabr & Abd

8 Dittenhofer

9 Daujotaitė & Adomavičiūtė

10 Brenninkmeijer et. al.,

سنتی تلاش‌های زیادی نموده‌اند (جان^۱ ۲۰۰۲؛ شهریار و ایرکان^۲ ۲۰۱۰؛ چن^۳ ۲۰۱۹؛ ممبینی و همکاران^۴ ۲۰۱۵؛ یلنگ و همکاران^۵ ۲۰۲۲؛ جوشی و همکاران^۶ ۲۰۲۳). مدل‌های آماری خطی به عنوان بخشی از روش میانگین متحرک اتورگرسیو^۷ (ARIMA) که توسط باکس جنکینز^۸ (۱۹۷۰) معرفی شده‌اند. فرمول‌بندی مدل با توزیع احتمال فرضی برای داده‌ها، از نقطه ضعف‌های اصلی مدل‌های مبتنی بر ARIMA است (جوشی و همکاران، ۲۰۲۳). برای مدل‌های پیش‌بینی، شبکه‌های عصبی (NN^۹) به دلیل استحکام آن‌ها در هنگام پردازش داده‌های غیر عادی و غیرخطی، محبوب‌تر از مدل‌های ARIMA هستند (چانمی^{۱۰}، ۲۰۰۹). NN ها فوق العاده قابل انطباق هستند و نیازی به مشخصات مدل نظری یا پیش فرضی در مورد نحوه توزیع داده‌ها ندارند (لایوریس و همکاران^{۱۱} ۲۰۲۰؛ لیان و همکاران^{۱۲}، ۲۰۱۰). علاوه بر این، NN ها اجزای آشفته با دم‌های بسیار ضخیم را بهتر از اکثر روش‌های جایگزین کنترل می‌کنند (ژو^{۱۳} و همکاران ۲۰۲۱، ۲۰۲۲ الف؛ ۲۰۰۰ ب؛ مسترز^{۱۴} ۱۹۹۵). پس از مقدمه در بخش دوم مبانی نظری پژوهش، در بخش سوم روش پژوهش موضوع حاضر و در بخش چهارم نتایج برآورد مدل و در نهایت در بخش پنجم بحث و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

مبانی نظری

پارادایم جدید در زمینه مدیریت بخش عمومی تحت عنوان «دوره پسا مدیریت عمومی نوین^{۱۵}»، باعث تغییر در سیستم حسابداری بخش عمومی و حتی بخش خصوصی شده است. های و کوردی^{۱۶} (۲۰۱۸) بر این باورند که تغییرات در حسابداری بخش عمومی، در توسعه مدیریت عمومی نوین نقش اساسی ایفا کرده است. این تحول‌ها بر کسی پوشیده نیست و می‌توان نقش حسابداری و سیستم گزارش‌گری مالی را در آن دخیل دانست؛ زیرا سیستم حسابداری یکی از عوامل مهم در پیشرفت و دستیابی به اهداف تمام سیستم‌های مدیریتی بخش عمومی و خصوصی محسوب می‌شود (کردستانی و همکاران ۱۴۰۰؛ کولاک^{۱۷} ۲۰۱۹). از دهه ۱۹۸۰، مرزهای بخش عمومی و روش‌های مدیریت و بودجه‌بندی آن، ساختارهای حکومتی، مسئولیت‌ها، کنترل‌ها و مفاهیم حسابداری به طور چشم‌گیری تغییر یافته‌اند (کردستانی و همکاران ۱۴۰۰؛ دیبروچین و وانهلدن^{۱۸} ۲۰۰۶).

چارچوب نظری حسابداری بخش عمومی نیز در سال‌های اخیر بر مبنای مسئولیت پاسخ‌گویی تدوین و اهداف گزارش‌گری مالی نیز تحت تأثیر این مفهوم قرار گرفته است (مجبوری‌زیدی و همکاران ۱۳۹۷؛ معینیان و پورزمانی ۱۳۹۶)؛ بنابراین، می‌توان بیان نمود که مسئولیت پاسخ‌گویی، نماد مدیریت عمومی نوین است که روی کنترل هزینه، شفافیت مالی و تمرکززدایی اختیارات مدیریتی تأکید دارد. افزایش مسئولیت پاسخ‌گویی به شهروندان یا مشتریان، عنصری حیاتی برای اطمینان از کیفیت ارزش‌آفرینی خدمات عمومی است (معینیان و پورزمانی، ۱۳۹۶). نظام‌های حسابداری با تقاضاهای در حال تغییر حاکمیت عمومی، تطبیق داده شده‌اند که کاربرد و محتوای این نظام‌ها را به طور آشکار تحت تأثیر قرار داده‌اند. این پیشینه پژوهشی،

1 John

2 Shahriar & Erkan

3 Chen & Zhang

4 Mombeini, & Yazdani-Chamzini

5 Yang & Montigny

6 Joshi, Chithaluru, Anand, Hajje, Aggarwal, Torres & Thompson

7 Autoregressive Moving Average

8 Box & Jenkins

9 Neural Network

10 Chunmei

11 Livieris, Pintelas & Pintelas

12 Lian, Dandi & Zongxin

13 Xue

14 Masters

15 New Public Management (NPM)

16 Hay & Cordery

17 Çolak

18 De Bruijn & Van Helden

نقش حسابداری به عنوان یک سیستم گزارش‌گری مالی در سلسله مراتب مدیریت بخش دولتی را برجسته می‌سازد (کردستانی و فتاحی، ۱۴۰۰).

در واقع، گزارش‌گری مالی از مهمترین ابزارهایی است که به مسئولین بخش عمومی کمک می‌کند تا بتوانند نحوه ایفای وظایف خود را به ویژه در زمینه تأمین منابع عمومی و مصارف آن برای خدمت‌رسانی به گونه‌ای کارا، اثربخش و با رعایت صرفه اقتصادی نشان دهند. چارچوب نظری حسابداری بخش عمومی نیز در سال‌های اخیر بر مبنای مسئولیت پاسخ‌گویی تدوین و اهداف گزارش‌گری مالی نیز تحت تأثیر این مفهوم قرار گرفته است (معینیان و پورزمانی، ۱۳۹۶). با درک اهمیت سیستم گزارش‌گری مالی، کشورهای در حال توسعه نیز اجرای سیستم حسابداری بر مبنای تعهدی را در بخش عمومی آغاز کرده‌اند. حسابداری به عنوان یک سیستم گزارش‌گری کارا، می‌تواند در افزایش اتکاپذیری اطلاعات مالی، اطمینان عمومی و جذب سرمایه‌گذاری خارجی مفید باشد (کردستانی و همکاران ۱۴۰۰؛ تیکل ۲۰۱۰). همچنین، از آنجایی که امروزه با افزایش فشار برای بهبود پاسخ‌گویی و شفافیت عملکرد، دولت‌ها به رویکردهای نوین مدیریت روی آورده‌اند، بنابراین، طراحی و اجرای موفقیت‌آمیز این رویکرد، همبستگی زیادی با ویژگی‌های نظام حسابداری و گزارش‌گری مالی دولتی دارد (کردستانی و همکاران ۱۴۰۰؛ دی‌سوس و ایرادو ۲۰۱۲). به عبارت دیگر، اجرای موفقیت‌آمیز این رویکرد، نیاز مبرمی به سیستم حسابداری دارد؛ بدین صورت که با شروع به کارگیری رویکرد نوین در مدیریت عمومی، حسابداری تعهدی - به عنوان یکی از ارکان مهم این رویکرد - منجر به افزایش کیفیت گزارش‌گری مالی و تهیه اطلاعات قابل مقایسه می‌شود (کردستانی و همکاران، ۱۴۰۰).

نگاهی اجمالی به مطالب فوق بیانگر این واقعیت است اگر روند ایفا و ارزیابی مسئولیت پاسخ‌گویی عمومی در طول یک دوره زمانی نسبتاً طولانی از تحول چشم‌گیری برخوردار شده باشد، قطعاً سیستم حسابداری و گزارش‌گری مالی دولتی نیز تحت تأثیر این تحول قرار گرفته و باید نشانه‌هایی از پیشرفت در آن مشاهده شود (نظری، ۱۳۹۹). در واقع، دستگاه‌های اجرایی اغلب کشورها در ضرورت پاسخ‌گویی به مرجع تصویب بودجه (یعنی مجلس) در قبال نحوه مصرف اعتبارات مصوب، نتایج و آثار حاصله، مشترک می‌باشند (مجبوری‌یزدی و همکاران ۱۳۹۷؛ آذر ۱۳۸۹). این پیشرفت‌ها سبب گردید تا ارتقای سطح مسئولیت پاسخ‌گویی حاکم بر منابع عمومی از جنبه‌های صرفاً مالی به جنبه‌های عملکردی در کشورهای توسعه یافته و نیز تحولات در شیوه‌های حسابرسی را در پی داشته است (مجبوری‌یزدی و همکاران ۱۳۹۷؛ معینیان و پورزمانی ۱۳۹۶)؛ زیرا مبنای کیفیت گزارش‌گری مالی را می‌توان همان کیفیت حسابرسی تعریف کرد (علی‌اکبری و وقفی، ۱۴۰۱).

پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد مدیریت به دلیل پیچیدگی بخش عمومی ناشی از عواملی نظیر تأمین و استفاده از منابع مالی قابل توجه، عوامل فرهنگ ملی، ناهمگونی در ارائه خدمات عمومی، افزایش تقاضا برای کیفیت خدمات عمومی، ذی‌نفعان متعدد، عدم تقارن اطلاعاتی، همواره با چالش‌هایی مواجه می‌باشد (دراگوسین^۱ و همکاران ۲۰۲۱؛ آنتی‌پوا^۲ ۲۰۱۹)؛ به‌طوری‌که، بسیاری از پژوهشگران بیان می‌دارند که حسابرسی عملکرد مدیریت در مقایسه با سایر حوزه‌ها، موضوعی نسبتاً تازه در بخش عمومی کشورهاست که اجرای آن با چالش‌هایی فراوانی همراه است (مارتین^۳ و همکاران ۲۰۲۱؛ بوشاتیا و دلوشی^۴ ۲۰۲۱؛ دراگوسین و همکاران ۲۰۲۱؛ آنتی‌پوا و روسیا ۲۰۱۹؛ آنتی‌پوا، ۲۰۱۸ و ۲۰۱۷). با توجه به آنکه تحقق مسئولیت پاسخ‌گویی، شکل‌گیری شفافیت اساسی برنامه‌های دولت، تجزیه و تحلیل عینی فعالیت‌ها و نیز تأمین اطلاعات مورد نیاز بخش عمومی برای اتخاذ تصمیمات لازم برای کمک به ایجاد آینده بهتر، مستلزم انجام حسابرسی عملکرد مدیریت است. از این رو، با توجه به چالش‌های کنونی پیش‌روی دولت‌ها و برنامه‌ها آن‌ها، نظارتی که توسط مؤسسات عالی حسابرسی و دیوان محاسبات کشورها از طریق حسابرسی عملکرد مدیریت انجام می‌شود بیش از هر زمان دیگری حیاتی بوده (استانداردهای حسابرسی دولتی آمریکا، ۲۰۲۱) و نیازمند تدوین قوانین و مقررات لازم در این حوزه می‌باشد (نسبک^۵ ۲۰۱۸؛ چپسن و همکاران ۲۰۱۸)؛ بنابراین، مطابق با دستورالعمل ۳۹۱۰ اینتوسای (۲۰۱۹)؛ ایجاد ظرفیت پایدار برای حسابرسی عملکرد مدیریت، نیازمند توجه به این چالش‌ها

1 Dragusin

2 Antipova

3 Marthin

4 Bushatia & Dalloshib

5 Nesbakk

بوده و در نتیجه، اجرای موفقیت‌آمیز این رویکرد حسابرسی مستلزم حمایت حسابرسی، مقررات مناسب، رهبری و مشارکت فعال مدیریت می‌باشد. همچنین، مؤسسات عالی حسابرسی نیز بایستی از کفایت بودجه اطمینان حاصل نموده و به دنبال شرکایی باشند که به آن‌ها برای ظرفیت‌سازی و کنترل کیفیت کمک نماید.

در محیط پژوهشی ایران نیز تسری این مسائل و چالش‌های عرصه جهانی به دلایلی نظیر نوپا بودن حسابرسی عملکرد مدیریت در ایران، عدم شناخت کافی پژوهشگران داخلی، مجامع و سازمان‌های حرفه‌ای مانند دیوان محاسبات کشور، سازمان برنامه‌بودجه کشور، وزارت امور اقتصاد و دارایی، سازمان حسابرسی، جامعه حسابداران رسمی ایران و نیز مدیران دستگاه‌های اجرایی نسبت به این حوزه، تأکید بیش از اندازه بر حسابرسی مالی و رعایت به جای حسابرسی عملکرد مدیریت، تعریف و اندازه‌گیری نامناسب معیارهای کارایی، اثربخشی و صرفه اقتصادی، اجرای نامطلوب تکنیک‌های مدیریتی از جمله ارزیابی متوازن، مدیریت کیفیت جامع و هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت، اجرای نامناسب بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد (نخبه فلاح و همکاران ۱۴۰۰؛ کامیابی و همکاران ۱۳۹۷)، کیفیت پایین گزارش‌گری مالی بخش عمومی و همچنین، دیگر عوامل شامل عدم تدوین قوانین و استانداردهای حرفه‌ای مناسب، شفاف و روشن نبودن چشم‌انداز و اهداف بخش عمومی، استفاده نکردن از نظام حسابداری مناسب، فقدان دانش و مهارت کافی، عدم استفاده از کارشناسان مستقل در انجام حسابرسی عملکرد، مشخص نبودن دامنه رسیدگی، نبود شاخص مناسب برای سنجش معیارها، چارچوب نامناسب برای گزارش حسابرسی عملکرد، کیفیت پایین گزارش‌گری مالی در بخش دولتی، عدم تعریف دقیق اهداف دستگاه‌های اجرایی و نبود شاخص‌های مشخص سنجش عملیات، انتزاعی بودن معیارها و عدم تناسب با شرایط موجود، افزایش اعتماد به دستگاه‌های اجرایی، تناسب نداشتن اختیارات مدیران و کارکنان، نبود فرهنگ پاسخ‌خواهی عمومی، عدم وجود تشکلهای حرفه‌ای تأثیرگذار و افزایش فساد اداری (نخبه فلاح و همکاران ۱۴۰۰؛ محمودخانی و احمدی ۱۳۹۷؛ مهدوی و محمدیان، ۱۳۹۶؛ نظری‌پور ۱۳۹۶؛ ایمانی برندق ۱۳۹۴) و نیز دیگر عواملی که با انجام این پژوهش مورد شناسایی واقع خواهند شد؛ باعث شده است که نیاز و ضرورت به انجام پژوهشی که بتواند به صورت گسترده اقدام به ارائه الگویی برای تصمیم‌گیری مالی مبتنی بر حسابرسی عملکرد نماید، برای شکل‌گیری نظام پاسخ‌خواهی و پاسخ‌گویی بسیار حائز اهمیت باشد.

یکی از رویکردهای مهم کنونی ارزیابی، حسابرسی عملکرد است که در کنار سایر حسابرسی‌ها باید نهادهای نظارتی انجام دهند. این موضوع نشان دهنده این است که میانی نظری موفقیت حسابرسی عملکرد در استفاده بهینه از منابع نهفته است که این مهم با کمک دستگاه‌های نظارتی قابل تحقق است (مبینی و همکاران، ۱۳۹۸). در نگاره (۱)، اقدام به مقایسه ویژگی‌های انواع حسابرسی شده است.

نگاره ۱. مقایسه ویژگی‌های انواع حسابرسی

ویژگی / نوع حسابرسی	حسابرسی عملکرد	حسابرسی رعایت	حسابرسی مالی
هدف	ارزیابی کارایی، اثربخشی، صرفه اقتصادی	بررسی رعایت قوانین	بررسی عاری بودن صورت‌های مالی از تحریف
مقاصد حسابرس	کمک به بهبود مدیریت	اطمینان از انطباق عملکرد مدیریت با قوانین	افزایش اعتماد استفاده‌کنندگان از صورت‌های مالی
نقش حسابرس	ارزیابی عملکرد	بررسی تفاوت بین وضع موجود با آنچه باید طبق قانون انجام می‌گرفت.	اظهارنظر درباره درست و منصفانه بودن صورت‌های مالی

دانش حسابرِس	طیف متنوعی از معلومات در زمینه مدیریت، علوم اجتماعی و مالی	حسابداری قوانین و حسابرسی	حسابداری و حسابرسی
جایگاه حسابرِس	مشاور یا تحلیل‌گر خطمشی	حسابرِس	حسابرِس
رابطه با موسسه مورد حسابرسی	همکاری و مشارکت	مستقل از موسسه	مستقل از موسسه
معیارها	استانداردها، رویه‌ها، ارزش‌ها، مدل‌ها و تجارب	قوانین و مقررات	استانداردهای حسابداری
کارکرد بهینه	انجام فعالیت‌ها به بهترین شکل	عمل به قوانین	رعایت
ویژگی مدیریت	انعطاف‌پذیری	تبعیت	تبعیت

مأخذ: سرخابی و همکاران، ۱۴۰۱

به دلیل تفاوت در مقاصد انواع حسابرسی‌های مذکور در نگاره یک، رویکردهای مختلفی برای اجرای آن‌ها نیاز است (سرخابی و همکاران، ۱۴۰۱). حسابرسی افزون بر نقش سنتی خود (حسابرسی مالی و رعایت)، ناگزیر از ورود به مباحث مربوط به ارزیابی صرفه اقتصادی، کارایی و اثربخشی فعالیت‌ها است؛ البته، تعیین صرفه اقتصادی، کارایی و اثربخش بودن بسیاری از خدمات انجام شده در بخش عمومی امری دشوار است؛ چرا که مقاصد و هدف‌های مورد نظر در این بخش غالباً مبهم بوده و حتی در صورت برخورداری از شفافیت نیز ارزیابی دستاوردها در بخش عمومی به راحتی امکان‌پذیر نیست. در چنین شرایطی ارزیابی این موارد ذاتاً موضوعی ذهنی است و از این جهت ورود حسابرسان به این موضوع با نگرانی همراه است؛ همچنین، هیچ قانونی به صورت واقعی حسابرسی عملکرد را برای حسابرسان الزامی نکرده است (ویناتو و همکاران^۱، ۲۰۲۰).

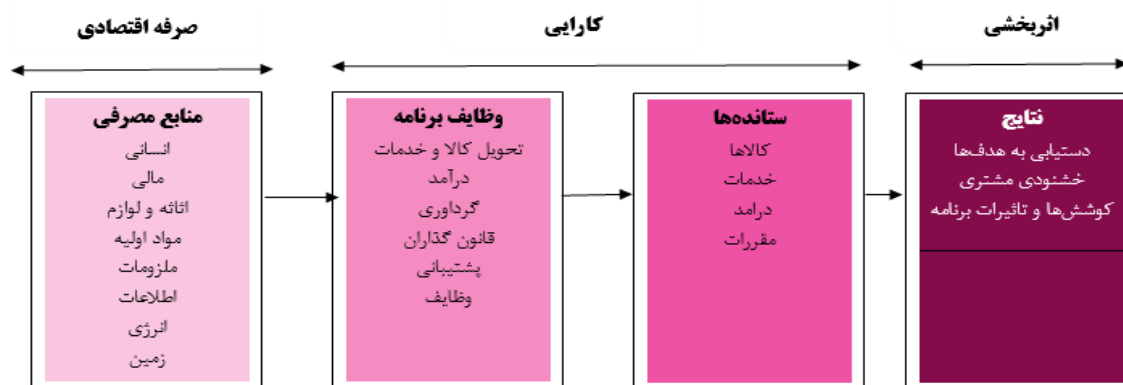
از جمله مباحث دیگری که در رابطه با موضوع حسابرسی عملکرد مطرح شده این است که تا چه حد حسابرسان باید به مباحث مربوط به حسابرسی فرایندها، سیاست‌گذاری‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها ورود کنند. بر اساس نتایج پژوهش پندلور و شریم (روچماه و همکاران^۲، ۲۰۲۰)، در سازمان‌هایی که اعضای آن به طور مستقیم از طریق فرایندهای انتخاباتی در برابر سیاست‌های اتخاذ شده پاسخ‌گو هستند، بررسی و حسابرسی خطمشی‌ها و سیاست‌های اتخاذ شده با این فرایندهای مردم سالارانه ناسازگار است. در مقابل این دیدگاه کوتیرانتا^۳ (۲۰۱۵)؛ معتقد است که نهادهای عالی نظارتی می‌توانند نقش بسزایی در تأمین شواهد و مبانی مورد استفاده در سیاست‌گذاری‌ها و ارتقاء کیفیت تصمیم‌گیری‌ها ایفا کنند.

رادلا و همکاران (۲۰۱۵)؛ حسابرسی عملکرد را متشکل از سه مؤلفه کارایی، صرفه اقتصادی و اثربخشی می‌دانند و بیان می‌کنند که از این بین حسابرسی اثربخشی سازمان، چالش برانگیزترین است. این مؤلفه‌ها و زیرشاخص‌های مربوطه در شکل (۱)، نمایش داده شده است.

1 Winanto

2 Rochmah, Sutikno, Dahlui, Qomaruddin, Ernawaty Ernawaty

3 Kotiranta



شکل ۱. مؤلفه‌های حسابرسی عملکرد

مأخذ: رادلا و همکاران (۲۰۱۵)

پیشینه پژوهش

در ادامه به بررسی پیشینه پژوهش‌های خارجی و داخلی صورت گرفته در راستای موضوع حاضر پرداخته شده است. جوان و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از روش دلفی فازی و تجميع نظرات کارشناسان، سعی در شناسایی شاخص‌های بهبود کیفیت حسابرسی و طراحی مدلی مناسب با محیط اقتصادی ایران با استفاده از تکنیک تحلیل عاملی تأییدی (CFA) نمودند. برای این منظور، با پیروی از هیئت استانداردهای بین‌المللی حسابرسی و اطمینان (IAASB)¹، ۶۰ شاخص شناسایی و در پنج بعد طبقه‌بندی شده است: الف) عوامل ورودی با ۲۱ شاخص، ب) عوامل فرآیند با ۱۰ شاخص ج) عوامل خروجی با ۹ شاخص د) تعاملات کلیدی با ۱۰ شاخص ه) عوامل زمینه‌ای با ۱۰ شاخص. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای R و AMOS انجام شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ۵۴ شاخص پذیرفته شده است که الگویی برای بهبود کیفیت حسابرسی ایجاد می‌کند.

حیدر و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی نقش حسابرسی عملکرد در دستیابی به توسعه پایدار در عراق پرداخته‌اند؛ با استفاده از رویکرد ماتریس سوات و تشخیص نقاط ضعف، قوت، تهدید و فرصت‌ها بدین نتیجه دست یافتند: حسابرسی عملکرد موجب بهبود عملکرد وزارتخانه شده و به تبع آن می‌تواند موجب بهبود وضعیت توسعه پایدار عراق شود. براتی و همکاران (۱۴۰۱) اقدام به ارائه مدل حسابرسی عملکرد در وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ایران نمودند. جامعه آماری پژوهش را حسابرسان سازمان حسابرسی، حسابرسان دیوان محاسبات و حسابرسان، حسابداران و مدیران مالی وزارت بهداشت و درمان ایران تشکیل دادند، از ۲۰۰ نفر به عنوان نمونه و از بین آن‌ها ۱۰ نفر خبره که سابقه کار در این وزارتخانه را داشته‌اند، انتخاب شده‌اند. براساس نتایج تحلیل کیفی تعداد ۵ بعد، ۱۴ مؤلفه و ۳۷ شاخص مدل حسابرسی عملکرد شناسایی شده است. برای شناسایی شاخص‌های نهایی از روش دلفی-فازی و تحلیل عاملی تأییدی استفاده شده است. نهایتاً ۳۴ شاخص نهایی شناسایی گردیده است. بر اساس نتایج شاخص‌های ارزیابی، تأمین نیروی انسانی متخصص، فرهنگ‌سازی، زیرساخت‌ها، بهبود عملکرد به عنوان عوامل مؤثر بر ارائه الگوی حسابرسی عملکرد در وزارت بهداشت می‌باشند.

سرخابی و همکاران (۱۴۰۱) اقدام به ارائه مدلی برای کیفیت حسابرسی عملکرد، با توجه به ویژگی‌های محیطی و شرایط حاکم بر حرفه حسابرسی کشور نمودند؛ به این منظور در سال ۱۳۹۹ با اخذ نظرات ۲۳ نفر از خبرگان با تخصص حسابرسی عملکرد -که در این حوزه دارای تجربه اجرایی و پژوهشی بودند- از طریق مصاحبه‌های عمیق، به بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت حسابرسی عملکرد پرداخته شد و داده‌ها به کمک روش‌های کُدگذاری با استفاده از مکس کیودا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سرانجام یافته‌های پژوهش -شامل مقوله‌های اصلی و خرد مقوله‌ها (مفاهیم)- استخراج و به صورت «الگوی

یکپارچه کیفیت حسابرسی عملکرد در ایران»، شامل شرایط علی، عوامل مداخله‌گر و بستر و همچنین راهبردها و پیامدهای دستیابی به آن - به منظور رهنمود در سیاست‌گذاری در بخش عمومی - ارائه گردید. در جمع‌بندی پیشینه پژوهش مشاهده می‌گردد در هیچ یک از تحقیقات مورد بررسی از رویکردهای شبکه عصبی و فراابتکاری اقدام به مدل‌سازی پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در سازمان‌های دولتی ننموده‌اند؛ همچنین در تحقیقات مورد بررسی فرآیند مدل‌سازی روابط و عوامل اثرگذار بر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد مورد توجه قرار نگرفته است.

روش پژوهش

این پژوهش در قلمرو پژوهش‌های کاربردی است و از جهت هدف، از نوع تحلیلی (به روش همبستگی) است. جهت تدوین فصول، از روش کتابخانه‌ای و جهت برآورد مدل، از اطلاعات استخراج شده پرسشنامه‌ای بهره گرفته شده است. پژوهش حاضر دارای دو جامعه است: جامعه اول متخصصان و خبرگان (حسابرسان سازمان حسابرسی، حسابرسان دیوان محاسبات و حسابداران و مدیران مالی دیوان محاسبات) است، که بر اساس مبانی نظری و تجربی مصاحبه و نظرسنجی از آنان، شاخص‌های پژوهش حاضر مورد تأیید قرار گیرند. جامعه دوم کارمندان و مدیران دیوان محاسبات کشوری در بازه زمانی پژوهش است. روش نمونه‌گیری در پژوهش حاضر به دو صورت بوده است: در جامعه اول از تکنیک گلوله برفی جهت تعیین حجم نمونه بهره گرفته شده و در نمونه دوم از روش نمونه‌گیری در دسترس با استفاده از فرمول کوکران اقدام به تعیین حجم نمونه گردید. بر اساس فرمول کوکران ۳۱۵ نفر به عنوان نمونه انتخاب شدند. در پژوهش حاضر از شاخص‌های زیر - جهت بررسی میزان پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در دیوان محاسبات کشوری - بهره گرفته شده است که در نگاره (۲) ارائه شده است.

نگاره ۲. شاخص‌های مؤثر بر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد

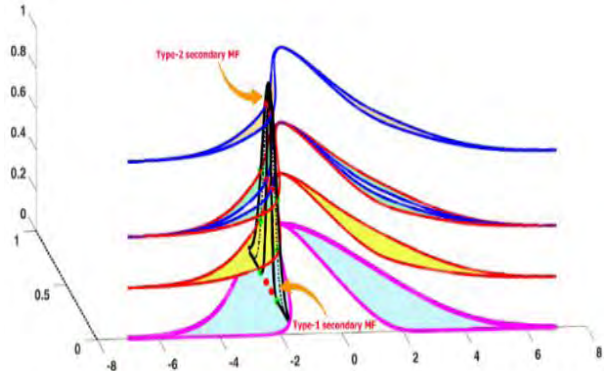
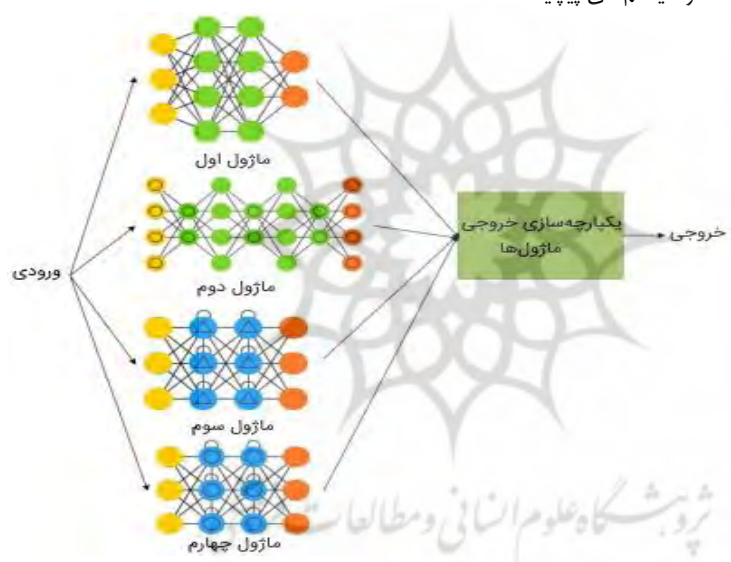
عامل	محقق
زیرساخت‌ها	مهدی خو و همکاران ۱۳۸۸؛ فاطمی ۱۳۹۰؛ براتی و همکاران ۱۴۰۱
کارایی	هرتیو و همکاران ۲۰۰۹ ^۱ ؛ باباجانی و همکاران ۱۳۹۸؛ نالویک و میلز ^۲ ۲۰۱۵؛ دیتمار ۲۰۱۸ ^۳ ؛ براتی و همکاران ۱۴۰۱
اثر بخشی	هرتیو و همکاران ۲۰۰۹؛ باباجانی و همکاران ۱۳۹۸؛ نالویک و میلز ^۲ ۲۰۱۵؛ دیتمار ۲۰۱۸ ^۳ ؛ براتی و همکاران ۱۴۰۱
صرفه اقتصادی	هرتیو و همکاران ۲۰۰۹؛ باباجانی و همکاران ۱۳۹۸؛ نالویک و میلز ^۴ ۲۰۱۵؛ دیتمار ۲۰۱۸ ^۳ ؛ براتی و همکاران ۱۴۰۱
فرهنگ سازی	هرتیو و همکاران ۲۰۰۹؛ باباجانی و همکاران ۱۳۹۸؛ نالویک و میلز ^۵ ۲۰۱۵؛ دیتمار ۲۰۱۸ ^۳ ؛ براتی و همکاران ۱۴۰۱
نیروی انسانی متخصص	وکیلی فرد و همکاران ۱۳۹۱؛ فردوسی ^۶ ۲۰۱۲؛ اینتوسای ۲۰۰۳؛ پراسوجو ^۷ ۲۰۱۹؛ براتی و همکاران ۱۴۰۱
عملکرد سازمان	فتاحی و همکاران ۱۳۹۴؛ مصطفایی و همکاران ۱۳۹۵؛ کردستانی و همکاران ۱۳۹۵؛ ناث و همکاران ^۸ ۲۰۲۰؛ باباجانی و همکاران ۱۳۹۹؛ براتی و همکاران ۱۴۰۱
مدیریت و رهبری	ناث و همکاران ۲۰۲۰؛ جوان و همکاران ۲۰۲۳؛ علی و همکاران ۲۰۲۳

در ادامه اقدام به بررسی اجمالی از روش‌های آماری که در پژوهش حاضر صورت پذیرفته است پرداخته شده است. خلاصه‌ای از روش‌های به کار رفته در پژوهش حاضر در نگاره (۳)، ارائه شده است.

1 Hurteau, Houle & Mongiat
2 Nalewaik & Mills
3 Dietmar
4 Nalewaik & Mills
5 Dietmar
6 Ferdousi
7 Prasodjo
8 Nath et al.,

نگاره ۳. روش‌های به کار گرفته در پژوهش

مدل	هدف
روش دلفی (نرم افزار اکسل)	این روش به بررسی میزان تأیید عوامل شناسایی شده مؤثر بر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در سازمان‌های دولتی بر اساس دیدگاه خبرگان می‌پردازد. فرآیند انجام این روش در شکل زیر ارائه شده است. فرآیند رویکرد دلفی
روش فازی (نرم افزار متلب ۲۰۲۱)	سه رویکرد در حوزه فازی کردن وجود دارد که به فازی نوع اول، دوم و سوم شهرت دارند. رویکرد فازی نوع سه در اکثر تحقیقات مورد تأیید قرار گرفته است. در این پژوهش نیز از هر سه نوع سیستم فازی بهره گرفته خواهد شد. سیستم‌های منطق فازی نوع ۳ می‌توانند سطح بالاتری از عدم قطعیت‌ها را در مقایسه با نمونه‌های نوع ۲ ارائه کنند؛ زیرا عضویت ثانویه و عدم قطعیت‌های بالا و پایین در مجموعه فازی نوع ۳ مقادیر واضح نیستند؛ اما مجموعه‌های فازی هستند. همانطور که در شکل نشان داده شده است، یک برش افقی در منطق فازی‌های نوع ۳ را می‌توان با دو برش در نمونه‌های معمولی نوع ۲ نشان داد. به عبارت دیگر، از نظر تئوری می‌بینیم که منطق فازی‌های نوع ۳ به دلیل عضویت ثانویه نامشخص و اثر عدم قطعیت نامشخص می‌توانند سطوح بیش‌تری از عدم قطعیت را مدل کنند و همچنین از نظر عملکرد، می‌بینیم که منطق فازی‌های نوع ۳ دارای درجات آزادی بیش‌تری هستند. ایده اصلی برای سیستم‌های منطق فازی نوع ۳ در مقاله محمد زاده و همکاران (۲۰۱۹) ارائه شده است.

 برش افقی برای منطق فازی نوع ۳	
ساختار شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) از شبکه عصبی بیولوژیکی انسان، الهام گرفته شده است. این شبکه‌ها می‌توانند ویژگی‌هایی شبیه به عملکرد مغز انسان داشته باشند. آن‌ها روش‌های محاسباتی نوین برای آموزش رایانه‌ها، تولید دانش و به کارگیری دانش تولید شده جهت پیش‌بینی خروجی‌ها از سیستم‌های پیچیده هستند.  رویکردهای شبکه عصبی	شبکه‌های عصبی (نورو سولوشن ۵ و متلب ۲۰۲۱)

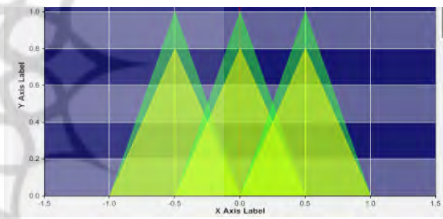
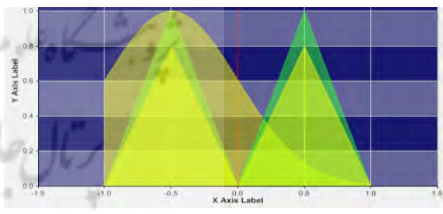
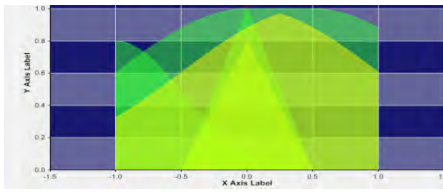
استفاده از رویکرد دلفی فازی موجب کاهش خطا در تصمیم‌گیری و شناسایی مهمترین متغیرهای مؤثر بر یک عامل خواهد شد (رعنا و همکاران، ۲۰۲۳) و استفاده از رویکردهای شبکه عصبی موجب افزایش دقت در برآورد ضرایب و دست یافتن به نتایج مطلوب خواهد شد (خویی^۱ و همکاران ۲۰۲۳؛ احمد و همکاران ۲۰۲۳؛ خان^۲ و همکاران ۲۰۲۳؛ گوپیناث^۳ و همکاران ۲۰۲۳؛ شریفیانی^۴ و همکاران ۲۰۲۳). ترکیب دو رویکرد فوق در کنار یکدیگر موجب کاهش ناطمینانی در شناسایی و به تبع آن افزایش بهبود در دقت مدل برآوردی به صورت چشم‌گیری می‌گردد (نواکوفسکی^۵ و همکاران ۲۰۲۳؛ مقانی^۶ ۲۰۲۳).

یافته‌های پژوهش

1 Khoei
2 Khan
3 Gopinath
4 Sharifani
5 Novakovsky
6 Menghani

قبل از برآورد عوامل مؤثر بر عملکرد حسابرسی در دیوان حسابرسی کشور، لازم است عوامل شناسایی شده توسط خبرگان این حوزه مورد تأیید قرار بگیرند؛ بر این اساس از رویکرد دلفی بهره گرفتیم. در مرحله دوم به علت لحاظ نمودن مبحث نااطمینانی در پاسخ دهی خبرگان از رویکرد دلفی بهره گرفته شده است. در این پژوهش به منظور تصدیق کارایی و عملکرد مدل‌های پیشنهادی از تجزیه و تحلیل منحنی ROC برای نشان دادن عملکرد روش‌های پیشنهادی استفاده شده است؛ همچنین بیان شده است که مدیریت عدم قطعیت در مشکلات تصمیم‌گیری، با وجود پیشنهاد‌های مختلف ارائه شده در طول سال‌های اخیر، هنوز یک مسئله تحقیقاتی بسیار چالش‌برانگیز است و یکی از کاراترین مدل‌ها در سال‌های اخیر، استفاده از مجموعه‌های فازی نوع ۲ و ۳ در فرایندهای تصمیم‌گیری پیچیده است. استفاده از روشی جامع برای کاهش نوع بررسی شد که در عمل بسیار دشوار است. در ادامه و در نگاره (۴) مقایسه‌ای از نتایج کسب شده در این پژوهش با کارهای مرتبط در حوزه پیش‌بینی براساس داده‌های سری زمانی ارائه شده است؛ با توجه به اینکه در فازی نوع دو نسبت به فازی نوع یک و در فازی نوع سه نسبت به فازی نوع یک و دو، عدم اطمینان بیش‌تری پوشش داده می‌شود، رویکرد فازی نوع سه عموماً از دقت بالاتری برخوردار است. با توجه به اینکه رویکردهای فازی به نوع توابع ورودی حساس هستند از توابع مختلفی شامل مثلثی، مثلثی نیمه گاوسی و مثلثی - گاوسی بهره گرفته شده است.

نگاره ۴. مقایسه نتایج رویکرد فازی نوع ۱، ۲ و ۳

فرم تابع			نوع تابع	کارایی میانگین
فازی نوع ۱	فازی نوع ۲	فازی نوع ۳		
			توابع ورودی فازی از نوع مثلثی	۰/۶۱۱
			توابع ورودی فازی از نوع ترکیبی مثلثی-نیمه گاوسی	۰/۶۴۳
			توابع ورودی فازی از نوع ترکیبی مثلثی - گاوسی	۰/۶۹۴

بین فازی نوع ۱ و نوع ۲ و نوع ۳	بین فازی نوع ۱ و نوع ۳	بین فازی نوع ۲ و نوع ۳	بین فازی نوع ۱ و نوع ۲
۲۲/۱۹	۱۳/۲۴	۸/۱۱	۹/۷۸
آماره T زوجی (دو میانگین) و F تجزیه واریانس (بیش از دو میانگین)			
تفاوت معنادار میان میانگین‌ها وجود دارد.	تفاوت معنادار میان میانگین‌ها وجود دارد.	تفاوت معنادار میان میانگین‌ها وجود دارد.	تفاوت معنادار میان میانگین‌ها وجود دارد.

بر اساس نتایج، تفاوت معناداری میان کارایی میانگین سه رویکرد فازی وجود دارد؛ در نتیجه فازی نوع ۳ جهت اعمال شده است. در ادامه نتایج انجام دو دور دلفی ارائه شده است. در دور دوم هیچ عاملی حذف نشد که این خود نشانه‌ای برای پایان راندهای دلفی است. به طور کلی یک رویکرد برای پایان دلفی آن است که میانگین امتیازات سوالات راند اول و راند دوم با هم مقایسه شوند. در صورتی که اختلاف بین دو مرحله از حد آستانه کم (۰/۵)، کوچک‌تر باشد در این صورت فرایند نظرسنجی متوقف می‌شود (چنگ و لین، ۲۰۰۲).

نگاره ۵. فاصله مقدار قطعی راند نخست و راند دو

نام شاخص	شاخص‌ها	میانگین راند ۱	نتیجه	میانگین راند ۲	نتیجه	اختلاف راند ۱ و ۲	نتیجه نهایی
c1	زیرساخت‌ها	۷.۴۲	توافق	۷.۷۲	توافق	-۰/۳	منتخب
c2	کارایی	۷.۳۶	توافق	۷.۰۸	توافق	۰/۲۸	منتخب
c3	اثر بخشی	۷.۳۴	توافق	۷.۱۷	توافق	۰/۱۷	منتخب
c4	صرفه اقتصادی	۷.۱۱	توافق	۷.۲۵	توافق	۰/۱۴	منتخب
c5	فرهنگ سازی	۷.۳۶	توافق	۷.۲۹	توافق	۰/۰۷	منتخب
c6	نیروی انسانی متخصص	۷.۱۷	توافق	۷.۳۷	توافق	-۰/۲۰	منتخب
c7	عملکرد سازمان	۷.۷۵	توافق	۷.۷۸	توافق	-۰/۰۳	منتخب
C8	مدیریت و رهبری	۷.۶۴	توافق	۷.۸۹	توافق	-۰/۲۵	منتخب

بر اساس نتایج مندرج در نگاره (۵)، مشخص گردید که در تمام شاخص‌ها اختلاف کم‌تر از ۰/۵ است؛ بنابراین می‌توان راندهای دلفی را به پایان برد. بر اساس نتایج، تمامی عوامل شناسایی شده بر اساس مبانی نظری توسط خبرگان جهت ورود به مدل‌های شبکه عصبی مورد تأیید قرار گرفتند. قبل از ورود به مدل‌های برآوردی نیاز است که ساختارهای شبکه و تعداد نرون‌ها و توابع ورودی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

به طور کلی منظور از شبکه ی عصبی مصنوعی تابع سه جزء عمده می باشند که عبارتند از: ۱- تعداد لایه ها و تعداد نرون ها در هر لایه. ۲- تابع آموزش (تابع تبدیل) مورد استفاده ۳- وزن شبکه ی عصبی مصنوعی؛ بنابراین همانطور که گفته شد نخستین گام در مدل سازی مدل های شبکه های عصبی، معماری شبکه می باشد؛ زیرا برای مثال- انتخاب دقیق تعداد لایه ها و تعداد نرون ها، توانایی شبکه را در ارائه هرچه بهتر ارتباط بین داده های ورودی و خروجی فراهم می نماید. از سوی دیگر توابع تبدیل (آموزش) مختلف نیز وظیفه تعدیل وزن های شبکه را با تکرار فرآیند آموزش و بالتبع کاهش میزان خطای میان خروجی شبکه و ارزش متغیرهای ورودی برعهده دارند.

با توجه به اهمیت معماری شبکه -در این قسمت- پیش از مقایسه انواع مختلف مدل های شبکه ی عصبی پیشخور، نکات مربوط به معماری شبکه را بیان می نماییم: نخست اینکه جهت پیدا نمودن میزان نرون بهینه سعی شده تا به کمک کدنویسی در نرم افزار متلب، شبکه های مختلفی را با نرون های متفاوت مورد ارزیابی قرار دهیم؛ از اینرو، تعداد ۲ الی ۲۰ نرون در شبکه های دو و سه لایه مورد ارزیابی قرار گرفت که هر کدام ۳۰ بار آموزش^۱ شده و جهت مقایسه عملکرد^۲ آن ها، مجموع خطای داده های تست^۳ را که ۲۰٪ از کل داده ها را به خود اختصاص می دهند (به صورت رندوم) در مدل های مختلف ملاک قرار داده ایم. در نهایت اینکه تعداد نرون بهینه و تعداد لایه برای هر رویکرد تعیین شد. نکته قابل توجه دیگر، انتخاب الگوریتم آموزش بوده که از میان الگوریتم های مختلف نظیر الگوریتم های شبه نیوتن^۴ (شامل توابع Trainoss و Trainbfg)، روش گرادیان توأم^۵ (شامل توابع Traincgf، Traincgp، Traincgb، Trainscg)، توابع Trainbr، Trainngd، Trainngdm، Traingda، Traingdx و تابع آموزش لونبرگ- مارکوات (TrainLm)، بهترین عملکرد از آن الگوریتم آموزش^۶ Traincgp بوده است؛ بنابراین ترکیب بهینه عوامل شبکه عصبی بر اساس این تابع ورودی محاسبه شده است. با توجه به اینکه رویکردی بهینه در مدل های شبکه عصبی و فراابتکاری وجود ندارد خروجی این بخش از نرم افزار متلب ۲۰۲۱ و نروسولوشن ۵ محاسبه شده است.

نگاره ۶. مقایسه خطای مدل های شبکه عصبی و فرا ابتکاری

نام الگوریتم	اختصار	دسته بندی	سال ارائه	میزان خطا
الگوریتم ژنتیک ^۷	الگوریتم GA	مبتنی بر تکامل	۱۹۹۲	۰/۰۵۵۵
الگوریتم کلونی زنبور عسل ^۸	الگوریتم ABC	مبتنی بر هوش جمعی	۲۰۰۵	۰/۱۰۸۳
الگوریتم کلونی مورچگان ^۹	الگوریتم ACO	مبتنی بر هوش جمعی	۲۰۰۶	۰/۰۵۸۸
الگوریتم روش بهینه سازی ازدحام ذرات ^{۱۰}	الگوریتم GSO	مبتنی بر ازدحام	۲۰۰۶	۰/۰۹۸۲
الگوریتم کرم شب تاب ^{۱۱}	الگوریتم FA	مبتنی بر هوش جمعی	۲۰۰۸	۰/۱۲۸۶
الگوریتم خفاش ^{۱۲}	الگوریتم BA	مبتنی بر هوش جمعی	۲۰۱۰	۰/۰۶۶۱

1 Train

2 Performance

3 Test

4 Quasi-Newton

5 Conjugate Gradient

6 Conjugate Gradient Polak-Ribière

7 Genetic Algorithm

8 Artificial Bee Colony

9 Ant Colony Optimization

10 Glowworm Swarm Optimization

11 Firefly Algorithm

12 Bat Algorithm

نام الگوریتم	اختصار	دسته‌بندی	سال ارائه	میزان خطا
الگوریتم بهینه‌سازی فاخته ^۱	الگوریتم COA	مبتنی بر هوش جمعی	۲۰۱۱	۰/۰۸۱۷
بهینه‌سازی کوچ پرندگان مهاجر ^۲	الگوریتم MBO	مبتنی بر ازدحام	۲۰۱۲	۰/۰۴۳۲
الگوریتم پژواک صدای دلفین ^۳	الگوریتم DE	مبتنی بر هوش جمعی	۲۰۱۳	۰/۱۰۷۳
الگوریتم بهینه‌سازی مهاجرت حیوانات ^۴	الگوریتم AMO	مبتنی بر ازدحام	۲۰۱۳	۰/۰۸۴۵
الگوریتم جستجوی فیل ^۵	الگوریتم ESA	مبتنی بر هوش جمعی	۲۰۱۵	۰/۰۲۷۴
الگوریتم بهینه‌سازی گرگ خاکستری ^۶	الگوریتم GWO	مبتنی بر هوش جمعی	۲۰۱۵	۰/۰۰۲۳
الگوریتم جگوار ^۷	الگوریتم JA	مبتنی بر هوش جمعی	۲۰۱۵	۰/۰۰۸۸
الگوریتم ازدحام ملخ ^۸	الگوریتم LSA	مبتنی بر ازدحام	۲۰۱۵	۰/۱۱۸۳
الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر بوفالوهای آفریقایی ^۹	الگوریتم ABO	مبتنی بر ازدحام	۲۰۱۵	۰/۰۶۷۳
الگوریتم جستجوی کلاغ ^{۱۰}	الگوریتم CSA	مبتنی بر هوش جمعی	۲۰۱۶	۰/۰۶۴۷
الگوریتم بهینه‌سازی شیر ^{۱۱}	الگوریتم LOA	مبتنی بر هوش جمعی	۲۰۱۶	۰/۰۲۰۰
الگوریتم بهینه‌سازی وال یا نهنگ ^{۱۲}	الگوریتم WOA	مبتنی بر هوش جمعی	۲۰۱۶	۰/۰۱۴۳

نتایج نگاره (۶)، بیانگر بهینه بودن رویکرد گرگ خاکستری نسبت به سایر رویکردها است. لازم به ذکر است هیچ یک از رویکردها بر دیگری برتری خاصی نداشته و صرفاً بسته به ماهیت داده‌ها، بازه زمانی پیش‌بینی و تعداد لایه‌ها دقت‌های متفاوتی حاصل می‌گردد. در ادامه بر اساس رویکرد گرگ خاکستری اقدام به بررسی نحوه اثرگذاری عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در دیوان محاسبات کشور پرداخته شده است.

الگوریتم گرگ خاکستری (^{۱۳}GWO): الگوریتم گرگ خاکستری (GWO) یک الگوریتم متاهیورستیک است که از ساختار سلسله مراتبی hieratical و رفتار اجتماعی گرگ‌های خاکستری در هنگام شکار کردن الهام گرفته است. این الگوریتم مبتنی بر جمعیت بوده، فرآیند ساده‌ای دارد و به سادگی قابلیت تعمیم به مسائل با ابعاد بزرگ را دارد. گرگ‌های خاکستری به عنوان شکارچیان راس یا APEX در نظر گرفته می‌شوند، که در بالای هرم زنجیره غذایی هستند. گرگ‌های خاکستری ترجیح می‌دهند در یک گروه (دسته) زندگی کنند، هر گروه به طور متوسط ۵-۱۲ عضو دارد. همه اعضای این گروه دارای سلسله

1 Cuckoo Optimization Algorithm

2 Migrating Birds Optimization

3 Dolphin Echolocation

4 Animal Migration Optimization

5 Elephant Search Algorithm

6 Grey Wolf Optimizer

7 Jaguar Algorithm

8 Locust Swarm Algorithm

9 African Buffalo Optimization

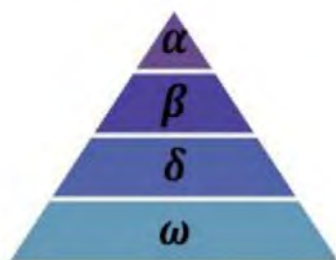
10 Crow Search Algorithm

11 Lion Optimization Algorithm

12 Whale Optimization Algorithm

13 Grey Wolf Optimizer

مراتب تسلط اجتماعی بسیار دقیق هستند و وظایف خاصی دارند. در هر گله از گرگ‌ها برای شکار کردن ۴ درجه وجود دارد که مانند شکل زیر به صورت یک ساختار هرمی مدل می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- ساختار سلسله مراتب گرگ‌های خاکستری

مأخذ: میرجلیلی و همکاران (۲۰۱۴)

• گرگ‌های رهبر، گروه آلفا نامیده می‌شوند که می‌توانند مذکر یا مونث باشند؛ این گرگ‌ها بر گله تسلط دارند، تصمیمات آلفا بر گروه دیکته می‌شود. با این حال، نوعی رفتار دموکراتیک نیز مشاهده می‌شود که در آن آلفا، بعضاً از گرگ‌های دیگر نیز تبعیت می‌کند؛ اما در مجموع، کل گروه، آلفا را با تبعیت و فرمان‌برداری تصدیق می‌کند. گرگ آلفا همچنین گرگ غالب نامیده می‌شود؛ زیرا دستورهای او توسط گروه فرمان‌برداری می‌شود؛ آلفا لزوماً قوی‌ترین عضو بسته نیست بلکه از نظر مدیریت بهترین است. این امر نشان می‌دهد که سازمان دهی و انضباط یک گروه بسیار مهم‌تر از قدرت آن است.

• گرگ‌های بتا: کمک به گرگ‌های آلفا در فرایند تصمیم‌گیری بوده و همچنین مستعد انتخاب شدن به جای آن‌ها هستند. گرگ بتا می‌تواند نر و ماده باشد و در صورت از بین رفتن یا پیر شدن یکی از گرگ‌های آلفا، بهترین گزینه برای آلفا بودن است. گرگ بتا باید به آلفا احترام بگذارد؛ اما به گرگ‌های سطح پایین دیگر نیز دستور می‌دهد. نقش مشاور آلفا و نظم دهنده بسته را بازی می‌کند. بتا دستورات آلفا را در سراسر بسته تقویت می‌کند و به آلفا بازخورد می‌دهد.

• گرگ دلتا: پایین‌تر از گرگ بتا و شامل گرگ‌های پیر، شکارچی، پیشاهنگ، نگهبانان و گرگ‌های مراقبت‌کننده از نوزادان است. گرگ‌های دلتا باید تسلیم آلفا و بتا شوند؛ اما بر امگا تسلط دارند. پیشاهنگی، وظیفه مراقبت از مرزهای منطقه و هشدار به گروه در صورت بروز هرگونه خطر را دارد. نگهبانان، ایمنی گروه را حفظ و تضمین می‌کنند. گرگ‌های پیر، گرگ‌های باتجربه‌ای هستند که قبلاً آلفا یا بتا بودند. شکارچیان هنگام شکار طعمه و تهیه غذای گروه به آلفا و بتا کمک می‌کنند. سرانجام، مراقبان وظیفه مراقبت از گرگ‌های ضعیف، بیمار و زخمی موجود در گروه را بر عهده دارند.

گرگ‌های امگا: پایین‌ترین مرتبه در هرم سلسله مراتب که کم‌ترین حق را نسبت به بقیه اعضای گروه دارند. بعد از همه غذا می‌خورند و در فرایند تصمیم‌گیری مشارکتی ندارند. ممکن است به نظر برسد که امگا فرد مهمی در گروه نیست؛ اما مشاهده شده است که در صورت از دست دادن امگا، کل بسته با درگیری داخلی و مشکلات روبرو است و وجود آن‌ها به حفظ ساختار تسلط کمک می‌کند. روش شکار در گرگ‌های خاکستری: در توضیح الگوریتم گرگ خاکستری می‌توان گفت این الگوریتم شامل ۳ مرحله اصلی است:

۱. مشاهده شکار، ردیابی و تعقیب آن^۱

۲. نزدیک شدن، احاطه کردن (حلقه زدن)^۲ به دور شکار و گمراه کردن آن تا زمانی که از حرکت باز بماند.

۳. حمله به شکار^۳

بهینه‌سازی با استفاده از گرگ‌های alpha, beta و delta انجام می‌شود. یک گرگ به عنوان alpha هدایت‌کننده اصلی الگوریتم فرض می‌شود و یک گرگ beta و delta نیز مشارکت دارند و بقیه گرگ‌ها به عنوان دنبال‌کننده آن‌ها محسوب می‌شوند. گرگ‌های خاکستری توانایی تخمین موقعیت شکار را دارند. در جستجوی اولیه هیچ ایده‌ای در مورد موقعیت شکار وجود

1 Tracking & Approaching

2 Pursing & Encircling

3 Attacking

ندارد. فرض می‌شود گرگ‌های alpha, beta, delta دانش اولیه بهتری در خصوص موقعیت شکار (نقطه بهینه جواب) دارند. در بهینه‌ساز گرگ خاکستری GWO، مناسب‌ترین راه حل - به عنوان آلفا- در نظر گرفته می‌شود و راه‌حل‌های دوم و سوم مناسب به ترتیب بتا و دلتا نام‌گذاری می‌شوند. بقیه راه‌حل‌ها امگا در نظر گرفته می‌شوند. در الگوریتم GWO، شکار توسط α و β هدایت می‌شود. راه‌حل ω از این سه گرگ پیروی می‌کند. وقتی شکار توسط گرگ‌ها احاطه شده و از حرکت بایستد حمله به رهبری گرگ alpha شروع می‌شود. مدل کردن این فرآیند با استفاده از کاهش بردار a انجام می‌شود. از آنجا که برداری تصادفی در بازه $[2a, -2a]$ است با کاهش a بردار ضرایب A هم کاهش می‌یابد. اگر $|A| < 1$ باشد، گرگ alpha به شکار (و بقیه گرگ‌ها) نزدیک می‌شود و اگر $|A| > 1$ گرگ از شکار (و بقیه گرگ‌ها)، دور خواهد شد. الگوریتم گرگ خاکستری الزام دارد که تمام گرگ‌ها موقعیت خود را برحسب موقعیت گرگ‌های alpha, beta, delta آپدیت کنند.

محاصره طعمه: همانطور که ذکر شد بهینه‌سازی توسط آلفا، بتا و دلتا هدایت می‌شود و گروه چهارم از این سه گروه پیروی می‌کند. مدل‌سازی رفتار محاصره گرگ‌ها از روابط زیر استفاده می‌کند:

$$\vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}_p(t) - \vec{X}(t)|$$

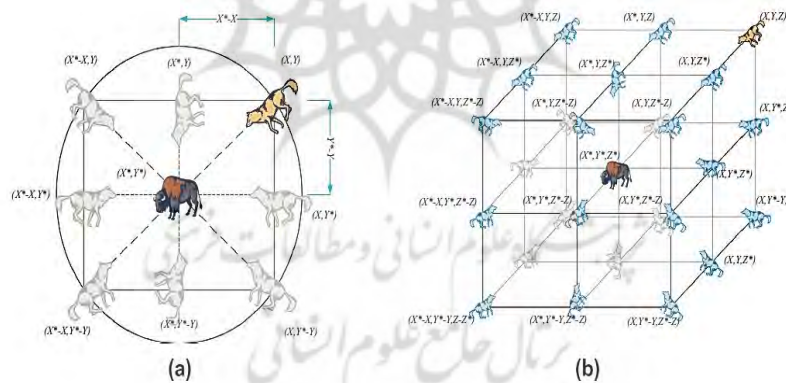
$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_p(t) - \vec{A} \cdot \vec{D}$$

در این روابط، t تعداد تکرار فعلی، A و C بردارهای ضرب، $\vec{X}_p$ بردار موقعیت شکار و X بردار موقعیت یک گرگ است. برای محاسبه بردارهای A و C از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\vec{A} = 2\vec{a} \cdot \vec{r} - \vec{a}$$

$$\vec{C} = 2 \cdot \vec{r}$$

در روابط بالا متغیر a به طور خطی در طول تکرارها از ۲ به ۰ کاهش می‌یابد و r_1 و r_2 بردارهای تصادفی در بازه $[0, 1]$ هستند (میرجلیلی، ۲۰۱۴). شکل (۳)، نمای شماتیک بردارهای موقعیت و مکان‌های محتمل بعدی آن‌ها را نشان می‌دهد:



شکل ۳- بردارهای موقعیت و مکان‌های احتمالی بعدی آن‌ها

مأخذ: میرجلیلی و همکاران (۲۰۱۴)

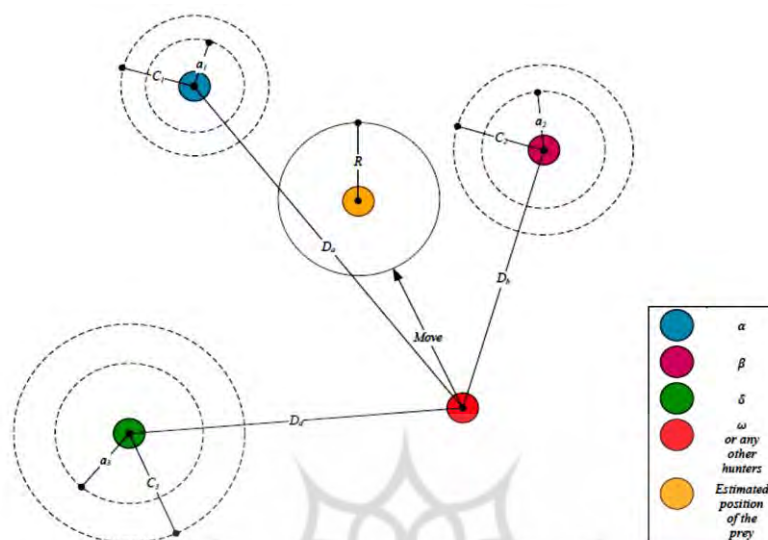
مرحله شکار: عملیات شکار معمولاً توسط آلفا هدایت می‌شود. گرگ‌های بتا و دلتا ممکن است گاه در شکار شرکت کنند. در مدل ریاضی رفتار شکار گرگ‌های خاکستری، فرض بر آن است که آلفا، بتا و دلتا دانش بهتری در مورد موقعیت بالقوه طعمه دارند. سه راه حل اول بهترین ذخیره می‌شوند و عامل دیگر موظف است موقعیت‌های خود را مطابق با موقعیت بهترین عوامل جستجو مطابق با معادلات زیر به روز کند.

$$\vec{D}_\alpha = |\vec{C}_1 \cdot \vec{X}_\alpha - \vec{X}|, \vec{D}_\beta = |\vec{C}_2 \cdot \vec{X}_\beta - \vec{X}|, \vec{D}_\delta = |\vec{C}_3 \cdot \vec{X}_\delta - \vec{X}|$$

$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1 \cdot (\vec{D}_\alpha), \vec{X}_2 = \vec{X}_\beta - \vec{A}_2 \cdot (\vec{D}_\beta), \vec{X}_3 = \vec{X}_\delta - \vec{A}_3 \cdot (\vec{D}_\delta)$$

$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3}$$

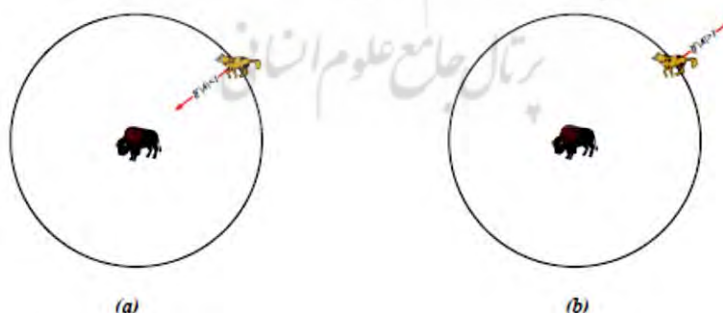
شکل ۴، نشان می‌دهد که چگونه هر عامل ازدحام موقعیت خود را با توجه به $X\alpha$ ، $X\beta$ و $X\delta$ بروز می‌کند، یعنی موقعیت‌های عامل‌های α ، β و δ به ترتیب در یک فضای جستجو 2D می‌توان مشاهده کرد که موقعیت نهایی در یک مکان تصادفی درون یک دایره است که با موقعیت‌های β و δ در فضای جستجو تعریف می‌شود؛ به عبارت دیگر α ، β و موقعیت طعمه را تخمین می‌زنند و گرگ‌های دیگر موقعیت‌های خود را به طور تصادفی در اطراف طعمه بروز می‌کنند.



شکل ۴- موقعیت آلفا، بتا و گاما در الگوریتم گرگ خاکستری

مأخذ: میرجیلی و همکاران (۲۰۱۴)

حمله به طعمه (بهره برداری): همانطور که در بالا ذکر شد، گرگ‌های خاکستری با توقف حرکت، شکار را با حمله به طعمه به پایان می‌رسانند. برای مدل‌سازی ریاضی نزدیک شدن به طعمه، مقدار $\vec{A}$ و دامنه نوسانات $\vec{A}$ کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر $\vec{A}$ یک مقدار تصادفی در بازه $[-a, a]$ است که در طول تکرار، مقدار a از ۲ به ۰ کاهش می‌یابد. هنگامی که مقادیر تصادفی $\vec{A}$ در بازه $[-1, 1]$ باشد، موقعیت بعدی عامل جستجو می‌تواند در هر موقعیتی بین موقعیت فعلی و موقعیت طعمه باشد. شکل ۵ نشان می‌دهد که وقتی $|A| > 1$ باشد، گرگ‌ها را مجبور به حمله به سمت طعمه می‌کند.



شکل ۵- حمله به طعمه در مقابل جستجوی طعمه

مأخذ: میرجیلی و همکاران (۲۰۱۴)

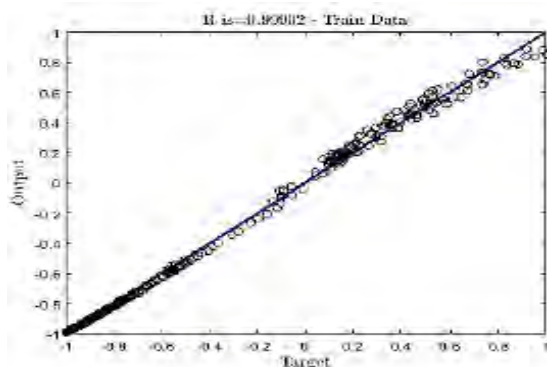
با استفاده از عملگرهای ذکر شده، الگوریتم GWO به عوامل جستجو اجازه می‌دهد موقعیت خود را براساس موقعیت آلفا، بتا و دلتا بروز و به سمت طعمه حمله کنند. با این حال، الگوریتم مذکور، مستعد رکود در راه‌حل‌های محلی با این عملگرها است و الگوریتم برای اکتشاف به اپراتورهای بیش‌تری نیاز دارد (میرجیلی و همکاران، ۲۰۱۴).

مرحله جستجو: گرگ‌های خاکستری بیش‌تر با توجه به موقعیت آلفا، بتا و دلتا جستجو می‌کنند. آن‌ها برای جستجوی طعمه از یکدیگر جدا می‌شوند و برای حمله به طعمه همگرا می‌شوند. به منظور مدل‌سازی واگرایی از نظر ریاضی، از مقادیر تصادفی بزرگ‌تر از ۱ یا کم‌تر از ۱- استفاده می‌شود تا عامل جستجو ملزم به جدا شدن از طعمه شود. این پروسه، بر یافتن راه حل بهینه تأکید دارد و به الگوریتم GWO امکان جستجوی کلی را می‌دهد. شکل (۵ (b)) همچنین نشان می‌دهد که اگر $|A| < 1$ باشد، گرگ‌های خاکستری را برای جستجوی طعمه بهتر وادار می‌کند تا از طعمه جدا شوند. در کل مرحله جستجو پروسه‌ای دقیقاً عکس فرایند حمله دارد: در هنگام جستجو گرگ‌ها از یکدیگر دور می‌شوند تا شکار را ردیابی کنند ($|A| > 1$) در حالی که پس از ردیابی شکار، گرگ‌ها در فاز حمله به یکدیگر نزدیک می‌شوند ($|A| < 1$). به این پروسه **واگرایی در جستجو - همگرایی** در حمله می‌گویند.

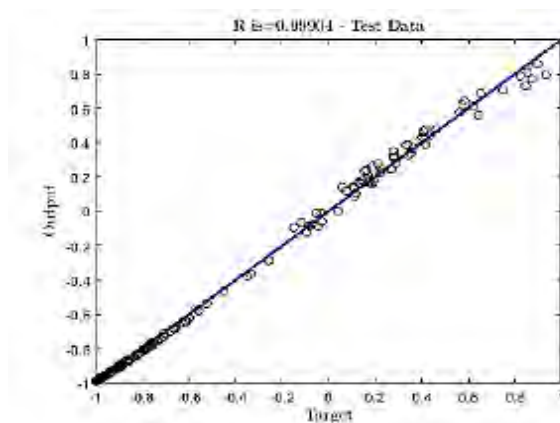
Exploration: $|A| > 1$

Exploitation: $|A| < 1$

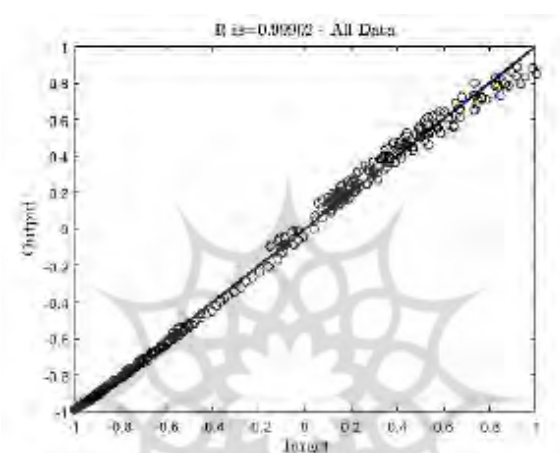
یکی دیگر از اجزای GWO که بر یافتن نقطه بهینه تأکید دارد، $\vec{C}$ است؛ همانطور که در معادله اول مشاهده می‌شود، بردار C دارای مقادیر تصادفی در بازه $[0, 2]$ است. این مولفه برای تأکید تصادفی ($C > 1$ یا عدم تأکید ($C < 1$) اثر طعمه، در تعریف فاصله در معادله دوم، وزنه‌های تصادفی برای طعمه فراهم می‌کند. این امر به GWO کمک می‌کند تا رفتار تصادفی‌تری را در طول بهینه‌سازی نشان دهد که طبیعتاً به نفع یافتن راه حل بهینه و جلوگیری از بهینه‌سازی محلی است. در اینجا شایان ذکر است که بردار C بر خلاف بردار A به صورت خطی کاهش نمی‌یابد؛ همچنین به بردار C برای ارائه مقادیر تصادفی علاوه بر تکرارهای اولیه و تأکید بر یافتن راه‌حل بهینه نیاز است. به‌علاوه مؤلفه مذکور در مورد رکود محلی اپتیما، به ویژه در تکرارهای آخر، بسیار مفید است. بردار C همچنین می‌تواند به عنوان اثر موانع نزدیک شدن به طعمه در طبیعت در نظر گرفته شود. به طور کلی، موانع موجود در طبیعت در مسیرهای شکار گرگ‌ها ظاهر می‌شود و در واقع از نزدیک شدن سریع و راحت آن‌ها به طعمه جلوگیری می‌کند. این دقیقاً همان کاری است که بردار C انجام می‌دهد. بسته به موقعیت گرگ، می‌تواند به طور تصادفی وزنی به طعمه بدهد و دستیابی به گرگ را دشوارتر و دورتر کند یا بالعکس. به طور خلاصه، روند جستجو با ایجاد یک جمعیت تصادفی از گرگ‌های خاکستری (راه‌حل‌های نامزد)، در الگوریتم GWO آغاز می‌شود. در طول تکرارها، گرگ‌های آلفا، بتا و دلتا موقعیت احتمالی طعمه را تخمین می‌زنند. هر راه حل کاندیدا فاصله خود را با طعمه بروز می‌کند. پارامتر a به ترتیب برای تأکید بر یافتن راه حل بهینه و بهره‌برداری از ۲ به ۰ کاهش می‌یابد. راه‌حل‌های کاندید، تمایل دارند هنگام شکار از طعمه جدا شوند ($|A| > 1$) و به سمت طعمه همگرا شوند ($|A| < 1$). سرانجام، الگوریتم GWO با کسب معیار هدف خاتمه می‌یابد (میرجیلی و همکاران، ۲۰۱۴). در این رویکرد ۱۲ گرگ در دامنه ۳۰ تا ۳۰- با ۱۰۰۰ دور تکرار ترسیم شده است. در شکل (۶)، نمودار ضریب رگرسیون برای داده‌های آموزشی ترسیم شده است. در شکل (۷) نیز نمودار ضریب رگرسیون برای داده‌های آزمون ترسیم شده است. در شکل (۸) نمودار ضریب رگرسیون برای کل داده‌ها ترسیم شده است. در شکل (۹) و شکل (۱۰)، میزان خطا به ترتیب برای داده‌های آموزشی و آزمون آورده شده است.



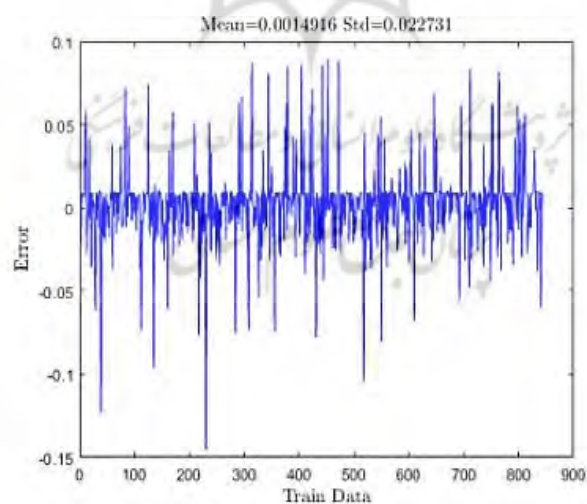
شکل ۶. نمودار ضریب رگرسیون برای داده‌های آموزش



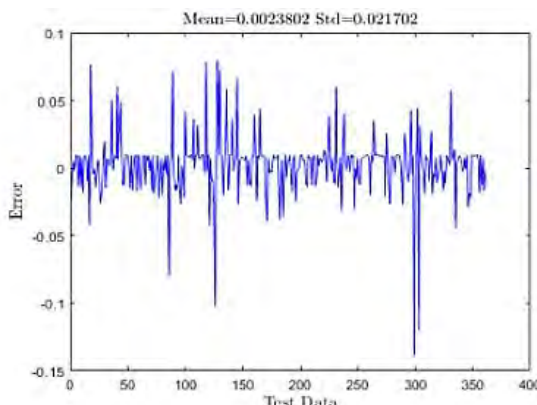
شکل ۷. نمودار ضریب رگرسیون برای داده های آزمون



شکل ۸. نمودار ضریب رگرسیون برای کل داده ها



شکل ۹. نمودار میزان خطا برای داده های آموزش



شکل ۱۰. نمودار میزان خطا برای داده‌های آزمون

در ادامه تأثیر متغیرهای منتخب از رویکرد دلفی فازی نوع ۳ را وارد مدل گرگ خاکستری نموده‌ایم تا تأثیر و سهم هر یک از متغیرهای مذکور را در پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد بررسی نماییم.

نگاره ۷. برآورد الگوریتم GWO

متغیر	میزان اثر
زیرساخت‌ها	۰/۳۴۴۰
کارایی	۰/۱۸۴۹
اثربخشی	۰/۱۱۳۴
صرفه اقتصادی	۰/۲۹۴۷
فرهنگ‌سازی	۰/۳۶۵۷
نیروی انسانی متخصص	۰/۵۹۸۴
عملکرد سازمان	۰/۴۶۰۹
مدیریت و رهبری	۰/۶۸۰۴

مأخذ: نتایج پژوهش

بر اساس نتایج پژوهش در نگاره (۷) مشاهده می‌شود که متغیرهای زیرساخت‌ها (۰/۳۴۴۰)؛ کارایی (۰/۱۸۴۹)؛ اثربخشی (۰/۱۱۳۴)؛ صرفه اقتصادی (۰/۲۹۴۷)؛ فرهنگ‌سازی (۰/۳۶۵۷)؛ نیروی انسانی متخصص (۰/۵۹۸۴)؛ عملکرد سازمان (۰/۴۶۰۹)؛ مدیریت و رهبری (۰/۶۸۰۴) دارند.

نتیجه‌گیری

امروزه سازمان‌ها به دلیل تغییرات روز افزون در محیط‌های اقتصادی، کسب و کار، عملیات، توسعه فناوری‌های جدید، رقابت، پدیده‌های نوظهور، جهان شمولی بازارها، پیچیدگی قوانین و مقررات و الزامات، افزایش انتظارات مشتریان و وقوع تقلب، با چالش‌های گوناگون روبرو می‌باشند؛ سلامت و پایداری سازمان‌ها در چنین محیط پر تلاطمی به طور یقین مستلزم برخورداری آن‌ها از نظام حسابرسی مناسب، به منظور دستیابی به اهداف آن از جمله اثربخشی و کارایی عملیات، گزارش‌گری قابل اتکا، رعایت قوانین و مقررات و در نهایت دستیابی به تعالی سازمانی و بهبود عملیات می‌باشد. ۷۰ درصد اقتصاد ایران دولتی است و توجه به حسابرسی عملکرد در دستگاه‌های دولتی دارای اهمیت فراوانی است. یکی از این سیستم‌های نظارتی حسابرسی عملکرد می‌باشد. حسابرسی عملکرد گسترده‌تر از حسابرسی مالی است؛ زیرا حسابرسی عملکرد با ارزیابی اثربخشی، کارایی و صرفه اقتصادی فعالیت‌ها، سیستم‌ها، روندها، رویه‌ها و ابزارها در صدد شناسایی ضعف آن‌ها برآمده و برای رفع مشکلات مزبور راه‌حل‌های عملی به مدیریت دستگاه‌های دولتی ارائه می‌کند. در اصل حسابرسی عملکرد، حسابرسی ارزش قائل شدن برای

منابع و ارزیابی عملکرد در خصوص اطمینان از دستیابی دستگاه‌های دولتی به اهداف تعیین شده می‌باشد. حسابرسی عملکرد سبب استفاده بهینه از بودجه دولتی می‌شود و حاکمیت و پاسخ‌گویی را بهبود می‌بخشد.

از سال ۱۳۹۰ و در برنامه پنجم توسعه کشور، بحث حسابرسی عملکرد شرکت‌های دولتی مطرح گردید. موضوع حسابرسی عملکرد از زمان تصویب قانون دیوان محاسبات کشور در سال ۱۳۷۰ به صورت تلویحی و عام و بر اساس ماده (۲) آیین‌نامه اجرایی نحوه حسابرسی و رسیدگی دیوان محاسبات کشور مصوب سال ۱۳۹۴ - به صورت صریح و ویژه - در برنامه‌های حسابرسی دیوان محاسبات کشور مدنظر قرار گرفته است. بر اساس ماده (۲) آیین‌نامه مذکور مقرر گردید که دیوان محاسبات کشور می‌تواند در اجرای وظایف و اختیارات خود حسب مورد انواع رسیدگی، بررسی و حسابرسی از جمله حسابرسی مالی، رعایت و عملکرد را انجام دهد که بر این اساس این نوع حسابرسی را در برنامه‌های حسابرسی خود لحاظ نموده است. بر این اساس شناسایی عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در شرکت‌های دولتی از اهمیت بالایی برخوردار است؛ به همین جهت، در این پژوهش به بررسی عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در دیوان محاسبات کشوری پرداخته شد.

بر اساس مبانی نظری، ۸ عامل مؤثر بر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در دیوان محاسبات کشور شناسایی شدند؛ بر اساس رویکرد دلفی - فازی نوع ۳ عوامل شناسایی شده مورد تأیید قرار گرفتند. سپس ۱۸ رویکرد شبکه عصبی، ژنتیک و الگوهای ابتکاری و فرایندکاری جهت بررسی نحوه اثرگذاری عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد در دیوان محاسبات کشور مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج، رویکرد گرگ خاکستری نسبت به سایر روش‌ها از دقت بالاتری برخوردار بود. بر اساس نتایج روش گرگ خاکستری متغیرهای زیرساخت‌ها (۰/۳۴۴۰)؛ کارایی (۰/۱۸۴۹)؛ اثربخشی (۰/۱۱۳۴)؛ صرفه اقتصادی (۰/۲۹۴۷)؛ فرهنگ‌سازی (۰/۳۶۵۷)؛ نیروی انسانی متخصص (۰/۵۹۸۴)؛ عملکرد سازمان (۰/۴۶۰۹)؛ مدیریت و رهبری (۰/۶۸۰۴) بر پیاده‌سازی حسابرسی عملکرد تأثیر مثبت و معنادار دارند.

در قانون دیوان محاسبات باید حکم قانونی جهت افزایش ضمانت اجرایی انجام پیشنهادهای دستگاه‌های اجرایی تصویب گردد تا در صورت عدم توجه دستگاه‌های اجرایی به پیشنهادهای دیوان محاسبات در خصوص افزایش اثربخشی، کارایی و یا صرفه اقتصادی مورد اقدام قرار گیرد. برای دیوان محاسبات یک راه‌کار اساسی در این زمینه این است که در خصوص کمیته‌های راهبری حسابرسی عملکرد - که در حال حاضر تشکیل می‌شود - کارگروه‌های فرعی تشکیل و به صورت کاملاً تخصصی هر یک از موارد شناسایی شده را مورد بررسی قرار دهد و از تجربیات مؤسسات حرفه‌ای و همچنین سایر کشورها استفاده نمایند.

با توجه به اینکه حسابرسی عملکرد در دستگاه‌های اجرایی دولتی یک امر ضروری است، به دست اندرکاران دستگاه‌های مربوطه پیشنهاد می‌شود تا در برنامه‌ریزی‌های خود به این موضوع توجه نمایند و زمینه را برای این امر آماده سازند؛ بدین صورت که زمینه را به گونه‌ای فراهم سازند که تمامی عوامل شناسایی شده که بر موفقیت حسابرسی عملکرد اثرگذارند قابلیت اعمال بر تمامی گزارش‌های حسابرسی عملکرد را داشته باشد. از سویی به دلیل پیچیدگی بالای مؤلفه‌های حسابرسی عملکرد در بخش دولتی باید به کارکنان دولتی در خصوص آن آموزش داد و حساب‌رسان داخلی برای نظارت بر انجام کارها به صورتی مناسب باید در دستگاه‌های دولتی حضور داشته باشند که می‌توان از ذی‌حسابان نیز در این امر استفاده نمود.

وضع قوانین و استانداردهای جدید یا اصلاح آن‌ها با رویکرد مسئولیت پاسخ‌خواهی و پاسخ‌دهی، توسعه حسابرسی عملکرد و برون‌سپاری آن به بخش خصوصی، ایجاد بسترهای جدید جهت دسترسی حساب‌رسان به اطلاعات مورد نیاز حسابرسی عملکرد، ایجاد وحدت رویه در گزارش‌گری مالی بخش عمومی ایران.

پیشنهاد می‌شود دیوان محاسبات کشور در راستای وظایف قانونی خود، افزون بر حسابرسی عملیات اجرایی در سازمان‌های دولتی، توجه و نظارت بیش‌تری نسبت به فعالیت‌های مرتبط با برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری اعمال کند. به منظور افزایش بهره‌وری گروه‌های حسابرسی عملکرد مستقر در دستگاه‌های اجرایی، به ویژه ارزیابی مناسب و مطمئن اثربخشی اقدامات انجام شده، پیشنهاد می‌شود افزون بر حساب‌رسان، حتی‌المقدور از سایر تخصص‌های مورد نیاز نیز حسب مورد در ترکیب اعضای این گروه‌ها استفاده شود.

با توجه به قابلیت‌های ویژه حسابرسی عملکرد در اصلاح امور و بهبود فرایندهای مدیریت بخش عمومی و همچنین نقش و جایگاه آن در ارتقای مسئولیت پاسخ‌گویی، پیشنهاد می‌شود دیوان محاسبات کشور با الگوگیری از کشورهای پیشرو در حوزه حسابرسی عملکرد و فراهم کردن زیرساخت‌های لازم و تلاش برای رفع موانع و چالش‌های اجرایی آن، برای توسعه هر چه بیش‌تر این نوع حسابرسی اقدام کرده و در تدوین برنامه‌های حسابرسی سالیانه، بخش بیش‌تری از رسیدگی‌ها را به موضوعات حسابرسی عملکرد اختصاص دهد.

به منظور ارائه سازوکارهای عملیاتی - به منظور افزایش انطباق حوزه تصمیم‌گیری مالی با حسابرسی عملکرد مدیریت- و همچنین کاهش موانع عدم انطباق‌پذیری این حوزه‌ها لازم است در گام نخست سرمایه‌گذاری زیربنایی مناسب در حوزه‌های فناوری اطلاعات به منظور تسریع در روند استقرار سیستم‌های اطلاعاتی مالی- بودجه‌ای- نظارتی یکپارچه متناسب با راهبرد سازمانی در سطح دیوان محاسبات کشور انجام بپذیرد و تمامی فرایندها و خدمات مالی- بودجه‌ای- نظارتی بخش عمومی با قابلیت انجام الکترونیکی یکپارچه و تکمیل بانک‌های اطلاعاتی بر بستر شبکه امن اطلاعاتی نظیر سامانه‌های جامع بودجه‌ای، گزارشگری مالی، نظارت مالی و ... بخشی و فرا بخشی بین دستگاه‌های متولی دیگر مانند وزارت امور اقتصادی و دارایی، سازمان برنامه و بودجه کشور صورت پذیرد.

توسعه فرهنگ شایسته سالاری در به‌کارگیری مدیران و کارکنان در دستور کار قرار گیرد. در سازمان به‌کارگیری مدیران و کارکنان بر اساس احراز شرایط عمومی و اختصاصی قانونی شامل تحصیلات دانشگاهی، دانش مناسب مدیریت سازمانی، توانایی تجزیه و تحلیل، قضاوت خوب حرفه‌ای، استقلال، توانایی مشخص کردن نارسائی‌های عملیاتی، تخصیص در صنعت و ... انجام پذیرفته و متناسب با برخورداری مدیران و کارکنان از صلاحیت و شایستگی‌های مناسب دانشی- حرفه‌ای به انجام عملیات و فعالیت‌های مالی سازمان نظیر شرکت در مناقصات، مزایدات، قراردادهای مطالعات و مشاوره‌های فنی و مالی و حقوقی بخش عمومی، بپردازند.

منابع

- آذر، عادل، (۱۳۸۹). بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد و حسابرسی عملکرد. مجموعه مقالات همایش حسابرسی عملکرد، پاسخ‌گویی و ارتقای بهره‌وری. مرکز تحقیقات و برنامه‌ریزی دیوان محاسبات کشور.
- اسکندری، کریم. کرد بچه، شیما. (۱۳۹۵)، تبیین نیاز به استانداردهای حسابرسی عملکرد مدیریت در دستگاه‌های اجرایی، دو ماهنامه مطالعات کاربردی در علوم مدیریت و توسعه، ۱(۱): ۹-۱.
- ایمانی برندق، محمد، (۱۳۹۶). چالش‌های پیش‌روی الزامی شدن حسابرسی عملکرد در دستگاه‌های دولتی ایران. فصلنامه حسابداری سلامت. ۳ (۴)، ۱-۱۹.
- باباجانی، جعفر. بولو، قاسم. محمدرضا خانی، وحید. (۱۳۹۹)، طراحی الگوی قابلیت‌های حسابرسی داخلی در نهادهای بخش عمومی ایران. فصلنامه دانش حسابداری و حسابرسی مدیریت، ۹(۳۴): ۱۲۷-۱۴۳.
- باباجانی، جعفر. قربانی زاده، وجه اله. ایمان زاده، پیمان. (۱۳۹۸)، الگویی برای استقرار نظام حسابرسی عملکرد در نهادهای بخش عمومی ایران، دانش حسابرسی، ۱۹(۷۶): ۳۹-۵۸.
- براتی، روشنک. محمدی ملقرنی، عطا اله. نوروش، ایرج. (۱۴۰۱). ارائه مدلی جهت حسابرسی عملکرد (مورد مطالعه وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ایران). دانش حسابداری مالی، ۹(۱)، ۱۳۳-۱۵۹.
- حساس یگانه، یحیی. (۱۳۸۴)، چالش‌های حسابرسی عملیاتی، حسابداری، ۱۸(۱۶۱): ۶۶-۶۹.
- سرخابی، نیر. محمدزاده سالطه، حیدر. نونهال نهر، علی اکبر. عبدی، رسول. (۱۴۰۱). ارائه الگوی پیشنهادی کیفیت حسابرسی عملکرد در بخش عمومی ایران با رویکرد نظریه پردازی زمینه بنیان. تحقیقات حسابداری و حسابرسی، ۱۴(۵۶): ۱۳۳-۱۵۲.
- علی اکبری، علی و وقفی، سید حسام، (۱۴۰۱). تحلیل سطح فناوری اطلاعات بر میزان احتمال خطر اقامه دعوا علیه حسابرس با تأکید بر نقش کیفیت حسابرسی و تخصص حسابرس. قضاوت و تصمیم‌گیری در حسابداری و حسابرسی، ۱(۱)، ۹۲-۱۱۲.
- فاطمی، محبوبه. (۱۳۹۰)، حسابداری تعهدی و بودجه‌بندی عملیاتی در بخش عمومی، مجله حسابرس، ۴(۵۵): ۱-۹.
- فتاحی، سیروس. خشنود، ابراهیم. قلی پور، ایرج. (۱۳۹۴)، بررسی تأثیر اجرای حسابرسی عملکرد بر ارتقاء بهره‌وری بخش‌های دولتی ایران (مورد مطالعه در دیوان محاسبات کشور)، دانش حسابرسی، ۱۵(۶۱): ۱۰۷-۱۳۴.
- کردستانی، غلامرضا و فتاحی، یاسین، (۱۴۰۰). تبیین نقش حسابداری بخش عمومی در دوره پسا مدیریت نوین. حسابداری و بودجه‌ریزی بخش عمومی، ۲(۳)، ۴۲-۶۰.
- کردستانی، غلامرضا. رحیمیان، نظام‌الدین. شهرابی، شاهرخ. (۱۳۸۸)، شناسایی موانع گذار به حسابداری تعهدی در بخش عمومی (بر پایه مطالعات هیات استانداردهای بین‌المللی حسابداری بخش عمومی)، فصلنامه دانش حسابرسی، ۴(۶۵): ۴۷-۷۵.
- مبینی، ساسان و الماسی، محمدرضا، (۱۳۹۸)، حسابرسی عملکرد، شیراز، انتشارات تخت جمشید.
- مجبوری یزدی، هدی، محمدی، شعبان، نجف‌آبادی، عبدالحسین، و کرمانی، نرجس، (۱۳۹۷). بررسی نقش تعدیل‌کنندگی حسابرسی عملکرد در تأثیر حسابداری تعهدی بر حسابداری بخش عمومی با استفاده از معادلات ساختاری. حسابداری دولتی، ۲(۸)، ۱۳۵-۱۵۴.
- محمودخانی، مهناز و احمدی، ریحانه، (۱۳۹۷). حسابرسی عملکرد با تأکید بر بخش عمومی. پژوهش حسابداری، ۲۹، ۷۲-۹۶.
- مصطفایی، بابک. علوی متین، یعقوب، (۱۳۹۵)، بررسی تأثیر استقرار حسابداری تعهدی بر بهبود عملکرد تصمیم‌گیری مدیران و رؤسای ادارات (مطالعه موردی: دانشگاه تبریز)، ششمین کنفرانس ملی مدیریت، اقتصاد و حسابداری، تبریز، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان آذربایجان شرقی - سازمان مدیریت صنعتی تبریز، ۱-۱۲.
- معینیان، داود و پورزمانی، زهرا، (۱۳۹۶). بررسی کیفیت گزارشگری مالی بر مبنای استانداردهای حسابداری بخش عمومی از نظر نحوه ارائه اطلاعات. حسابداری دولتی، ۲(۶)، ۹۳-۱۰۴.
- مهدوی خو، مهدی. میرزایی ازندریانی، سعید. (۱۳۸۸)، مروری جامع بر حسابرسی عملیاتی مدیریت.

مهدوی، غلا حسین و محمدیان، محمد، (۱۳۹۶). چالش‌های اجرای حسابرسی عملکرد در دستگاه‌های اجرایی. پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، ۳۶، ۳۷-۴۸.

نخبةفلاح، افشین، کردستانی، غلامرضا، و رحیمیان، نظام‌الدین، (۱۴۰۰). نقش حسابرسی عملکرد در بهبود پاسخ‌گویی عمومی: تأکید بر محتوای گزارش. دانش حسابرسی، ۲۱(۸۴)، صص. ۸۰-۱۱۸.

نظری‌پور، محمد، (۱۳۹۶). ضرورت استقرار حسابرسی عملکرد از دیدگاه حساب‌رسان بخش عمومی. حسابداری دولتی، ۲(۶)، صص. ۷۹-۹۲.

وکیلی فرد، حمیدرضا؛ نظری، فرزاد، (۱۳۹۱)، عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی نظام حسابداری تعهدی در مؤسسات تابعه وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، فصلنامه حسابداری سلامت ۱۱(۱): ۱۱۱-۱۲۵.

- Abbas, F. A., Abd, W. H., & Kareem, A. D. (2020). The role of the internal auditor in clearing the debit and credit balances of the financial statements to improve performance an analytical study in the Directorate of Agriculture of AlMuthanna from (2016. PalArch's Journals, pp.16962-16982.
- Abd, W. H., Kareem, A. D., & Kadhim, H. A. (2019). Audit Program Proposal for Local Accounts Auditors: Applied Research on a Group of International Auditing Standards, Creativity and Change, pp. pp. 201-221.
- Abdulabass, A. A., Hassan, M. A., & El-Toby, B. H. M. (2023). Activating the Elements of Performance Audit Report (Economic - Efficiency - Effectiveness) in Measuring the Performance of External Control Agencies. International Journal of Professional Business Review, 8(5), e01292. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2023.v8i5.1292>.
- Ahmad A, Saraswat D, El Gamal A (2023) A survey on using deep learning techniques for plant disease diagnosis and recommendations for development of appropriate tools. Smart Agric Technol 3:100083
- Ahmad Winanto, Fika Aryani, (2020), "Operational Audit of Accounts Receivable (Study at PT. Sanserita Jaya)", Jurnal Akuntansi Terapan Vol. 1, No.2, April 2020, pp. 126-134.
- Ali, R. H., Abd, W. H., & Kareem, A. D. (2022). The role of the Federal Office of Financial Supervision in auditing industrial activity to achieve sustainable development. World Economics & Finance Bulletin, pp. 38-48.
- Antipova, T., (2019). Public sector performance auditing. 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), pp.19-22
- Box, G.; Jenkins, G. Time Series Analysis: Forecasting and Control; Holden-Day: San Francisco, CA, USA, 1970
- Brennkmeijer, A.; Gaston Moonen, et. al. (2018), Auditing Standards and the Accountability of the European Court of Auditors (ECA). Utrecht Law Review, 14 (1).
- Bushatia, A. and Dalloshib, P., (2021). Does Performance Audit Recognise Improvements in Procurement Activities Leading to Enhanced Value for Money?. Accounting, Fivavce and Auditing studies, 7(4), pp.134-150.
- Chalmers, K. H. (2019). Internal control in accounting research: A review. Journal of Accounting Literature.
- Chen, L.; Zhang, X. Gold Price Forecasting Based on Projection Pursuit and Neural Network. J. Phys. Conf. Ser. 2019, 1168, 062009.
- Chunmei, L. Price Forecast for Gold Futures Based on GA-BP Neural Network. In Proceedings of the IEEE International Conference on Management and Service Science, Beijing, China, 20–22 September 2009.

- Çolak, Ç.D., (2019). Why the New Public Management is Obsolete: An Analysis in the Context of the Post-New Public Management Trends. *Hrvatska i komparativna javna uprava: časopis za teoriju i praksu javne uprave*, 19(4), pp.517-536.
- Daujotaitė, D.; Adomavičiūtė, D. (2017). The Role and Impact of Performance Audit in Public Governance. In *Empirical Studies on Economics of Innovation, Public Economics and Management*, pp. 29-44.
- De Bruijn, H. and Van Helden, G.J., (2006). A plea for dialogue driven performance based management systems: evidence from the Dutch public sector. *Financial Accountability & Management*, 22(4), pp.405-423.
- Dietmar, W. (2018), Performance auditing in Germany concerning environmental issues, *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 9(1):29- 42.
- Dragusin, C., Pitulice, I. and Stefanescu, A., (2021). Harmonisation and Emergence Concerning the Performance Audit of the EU Member States' Public Sector. Romania's Case. *Sustainability*, 13, pp.1-18.
- Ferdousi, N. (2012). Challenges of Performance Audit in the Implementation Phase: Bangladesh Perspective, M. A. Thesis in Public Policy and Governance Program, Department of General and Continuing Education North South University, Bangladesh, 1-80
- Gopinath M, Sethuraman SC (2023) A comprehensive survey on deep learning based malware detection techniques. *Comp Sci Rev* 47:100529
- Hay, D. and Cordery, C., 2018. The value of public sector audit: Literature and history. *Journal of Accounting Literature*, 40, pp.1-15
- Heyder G. Wannes Alkarawy, Mohammed Mohaisen Abdulridha, The Role of Performance Auditing in Achieving Sustainable Development (Iraq Is A Model), *Journal of Survey in Fisheries Sciences* 10(1) 1394-1408 2023 1394
- Hurteau, M., Houle, S., & Mongiat, S. (2009). How Legitimate and Justified are Judgments in Program Evaluation?. *Evaluation*, 15(3): 307-319.
- Javan, A. A., Babajani, J., Barzideh, F., & Marfou, M. (2023). Audit Quality Improvement Model in the Economic Environment of Iran. *Iranian Journal of Accounting, Auditing and Finance*, 7(1), 109-127.
- John, E.T. Long-term trends in copper prices. *Mining Eng.* 2002, 54, 25–32.
- Joshi, D.; Chithaluru, P.; Anand, D.; Hajje, F.; Aggarwal, K.; Torres, V.Y.; Thompson, E.B. An Evolutionary Technique for Building Neural Network Models for Predicting Metal Prices. *Mathematics* 2023, 11, 1675.
- Kadhim, H. A., Abd, W. H., & Kareem, A. D. (2020). The impact of environmental auditing on the environmental dimension of sustainable development, *Environmental Governmental Institutions in Iraq*, pp. 2801-2812.
- Kareem, A. D., Jabr, A. J., & Abd, W. H. (2022). The transfer of powers and its role in unifying the products of accounting systems and their impact on the quality of accounting information Applied research "in the province of Al-Muthanna. *International Journal of Professional Business Review*, pp. 1-27.
- Khan A, Khan SH, Saif M, Batool A, Sohail A, Waleed Khan M (2023) A survey of deep learning techniques for the analysis of COVID-19 and their usability for detecting omicron. *J Exp Theor Artif Intell*. <https://doi.org/10.1080/0952813X.2023.2165724>
- Khoei TT, Aissou G, Al Shamaileh K, Devabhaktuni VK, Kaabouch N (2023) Supervised deep learning models for detecting GPS spoofing attacks on unmanned aerial vehicles. In: 2023 IEEE international conference on electro information technology (eIT), Romeville, IL, USA, pp 340–346. <https://doi.org/10.1109/eIT57321.2023.10187274>.

- Kotiranta, A. (2015). "The Role of SAIs in Auditing Policy and LawMaking", *International Journal of Government Auditing*, Vol. 42, No. 1, pp. 14-17.
- Lian, Z.; Dandi, M.; Zongxin, L. Gold Price Forecasting Based on Improved BP Neural Network. *Comput. Simul.* 2010, 27, 200–203.
- Livieris, I.E.; Pintelas, E.; Pintelas, P. A CNN–LSTM model for gold price time-series forecasting. *Neural Comput. Appl.* 2020, 32, 17351–17360.
- Marthin, A. and Gamayini.R., (2021). Performance Audit in the Public Sector: A Bibliometric Analysis in the International Journal. *Asian Journal of Economics, Business and Accounting*, 21 (1), pp.30-38.
- Masters, T. *Advanced Algorithms for Neural Networks*; John Wiley and Sons: New York, NY, USA, 1995.
- Menghani G (2023) Efficient deep learning: a survey on making deep learning models smaller, faster, and better. *ACM Comput Surv* 55(12):1–37
- Mohamed El-Toby, b. h., Abd, w. h., & Kareem, a. d. (2022, 11 25). activating the role of judicial oversight in iraq to reduce thephenomenon of tax evasion: field research in the federal office offinancial supervision. *international journal of professional business review*, pp. 1-14.
- Mombeini, H.; Yazdani-Chamzini, A. Modeling gold artificial neural network. *Bus. Manag.* 2015, 3, 699–703
- Nalewaik, A., & Mills, A. (2015). Project Performance Audit: Enhanced Protocols for Triple Bottom Line Results, (194): 134-145, 28th IPMA World Congress, IPMA 2014, 29 September–1, October, Rotterdam, The Netherlands
- Natalia, A. Z. (2017). Improving Financial Control over the Government System. *Mejorar el control financiero sobre*
- Nath, N., Othman, R., & Laswad, F. (2020). External Performance Audit in New Zealand Public Health: a Legitimacy Perspective, *Qualitative Research in Accounting& management*, 17(2): 145-175.
- Nesbakk, L. and Kuruppu. Ch., (2018). Diametrical effects in governmental accountability – the auditor general’s struggle to sustain balance in performance auditing reports and media disclosure. *Pacific Accounting Review*, 30(3), pp.274-296.
- Novakovsky G, Dexter N, Libbrecht MW, Wasserman WW, Mostafavi S (2023) Obtaining genetics insights from deep learning via explainable artificial intelligence. *Nat Rev Genet* 24(2):125–137
- Prasodjo, T. (2019). Knowledge Management: Sustainable Human Resource Development in Public Sector Organizations. *Jurnal Administrare: Jurnal Pemikiran Ilmiah dan Pendidikan Administrasi Perkantoran*. 6(2): 159-166.
- Shahriar, S.; Erkan, T. An overview of the gold market and gold price forecasting. *Res. Pol.* 2010, 35, 178–189.
- Sharifani K, Amini M (2023) Machine learning and deep learning: a review of methods and applications. *World Inf Technol Eng J* 10(07):3897–3904
- T.N Rochmah, A.E Sutikno, M. Dahlui, M.B Qomaruddin, Ernawaty Ernawaty, (2020), "Cost variance of health services at PHC hospital, Surabaya", *Indonesia*, ISSN-e 1316-5216, Vol. 25, N°. Extra 2, 2020, págs. 13-23.
- Waring, C., & Morgan, S. (2007). *Performance Accountability and Combating Corruption*, 1st Edition, Washington DC: The World Bank, Available at:<http://siteresources>.
- Weihrich,D., (2018). Performance auditing in Germany concerning environmental issues. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 1(9): 29-42.
- Xue, Y.; Tong, Y.; Neri, F. An ensemble of differential evolution and Adam for training feed-forward neural networks. *Inf. Sci.* 2022, 608, 453–471.

- Xue, Y.; Wang, Y.; Liang, J.; Słowik, A. A Self-Adaptive Mutation Neural Architecture Search Algorithm Based on Blocks. *IEEE Comp. Intell. Mag.* 2021, 16, 67–78. Xue, Y.; Qin, J. Partial Connection Based on Channel Attention for Differentiable Neural Architecture Search. *arXiv* 2022, arXiv:abs/2208.00791.
- Yang, J.; Montigny, D.D.; Treleaven, P.C. ANN, LSTM, and SVR for Gold Price Forecasting. In *Proceedings of the IEEE Symposium on Computational Intelligence for Financial Engineering and Economics (CIFEr)*, Helsinki, Finland, 4–5 May 2022; pp. 1–7.

