

مدل‌سازی و پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های قابل پذیرش در بورس برق: مطالعه موردی بر روی شرکت‌های مرتبط با حوزه برق پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران

سید مهدی مظهری^۱، علیرضا فریدونیان^۲ و حمید لسانی^۳

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی برق- دانشگاه صنعتی امیرکبیر- تهران- ایران

mazhari@aut.ac.ir

۲- استادیار، دانشکده مهندسی برق- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی- تهران- ایران

arf@ece.ut.ac.ir

۳- استاد، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه تهران- تهران- ایران

lesani@ut.ac.ir

چکیده: بورس برق بستر اصلی خصوصی‌سازی در صنعت برق و گذرگاه اقتصاد بازار آزاد به شمار می‌رود. از جمله مهمترین اهداف بورس برق می‌توان به تسهیل مبادله محصولات استاندارد شده (کالای برق)، انتشار اطلاعات بازار، ارتقای رقابت، افزایش نقدشوندگی بازار و تأمین بازار عادلانه و بی‌طرف، اشاره نمود. با این وصف، نبود شناخت مناسب از فعالان بازار ریسک، فعالیت اقتصادی در این محیط را برای موسسات سرمایه‌گذاری بسیار زیاد می‌کند. با توجه به تأسیس بورس برق و انرژی در ایران (۱۳۹۰) و انجام مراحل پذیره‌نویسی، در آینده نزدیک سهام شرکت‌ها در قالب بورس سهام و کالای برق در قالب بورس کالا در تالار بورس برق عرضه می‌شود. در چنین شرایطی ارائه مشاوره‌های جانبی به سرمایه‌گذاران به منظور آشنایی آنها با شرایط بازار برق بسیار سودمند خواهد بود. بررسی ورشکستگی شرکت‌های قابل پذیرش در بورس برق و انرژی و ارائه مدل قابل توسعه به سایر شرکت‌ها، به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا در اولویت‌دهی‌های اقتصادی خود هدفمند حرکت نموده، تا حد ممکن از دست‌رفتن اصل و فرع سرمایه جلوگیری کنند. علاوه بر این، پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های حاضر در تالار بورس تأثیر بسزایی در نحوه اعتباردهی به آنها داشته، از نابودی بنگاه اقتصادی و کاهش اعتبار بورس برق جلوگیری می‌نماید. در این مقاله، بر مبنای اساسنامه شرکت‌ها اطلاعات ۱۱۸ شرکت از موسسات حاضر در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۲ اخذ شده است. سپس مطالعه وسیعی برای یافتن یک الگوی نسبتاً جامع برای پیش‌بینی درماندگی مالی این شرکت‌ها انجام گرفته است. به منظور بررسی کیفیت مدل پیشنهادی، درماندگی مالی برای ۴۰ شرکت متفاوت و جدید، پیش‌بینی و توضیحات تکمیلی در راستای تحلیل نتایج ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: بورس اوراق بهادار؛ درماندگی مالی؛ شرکت‌های مرتبط با حوزه برق؛ صورت مالی سالانه

۱- مقدمه

فزاینده‌ای به اقتصاد بخشیده است. رقابت روزافزون بنگاه‌های اقتصادی، دستیابی به سود را محدود کرده و احتمال درماندگی مالی شرکت‌ها را افزایش داده است [۲-۱]. بدین ترتیب، تصمیم‌گیری مالی نسبت به گذشته راهبردی‌تر شده و همواره با ریسک و نایقینی همراه است. از طرف دیگر، ورشکستگی شرکت‌ها بر نقدینگی بازار سرمایه و توسعه اقتصاد مؤثر است [۳].

پیشرفت سریع فناوری و تغییرات محیطی وسیع، شتاب

^۱ تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۱/۰۶/۰۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۱/۲۴

نام نویسنده مسئول: سید مهدی مظهری

نشانی نویسنده مسئول: ایران - تهران - خیابان حافظ - دانشگاه صنعتی

امیرکبیر - دانشکده مهندسی برق

پیش‌بینی درماندگی مالی یکی از راه‌هایی است که می‌توان با استفاده از آن به بهره‌گیری مناسب از فرصت‌های سرمایه‌گذاری و تخصیص بهتر منابع کمک نمود. در صورت پیش‌بینی احتمال ورشکستگی می‌توان با ارائه هشدارهای لازم شرکت‌ها را نسبت به وقوع درماندگی مالی هوشیار کرد. طبعاً آنها با توجه به این هشدارها دست به اقدام‌های مقتضی زده، از ورشکستگی می‌گریزند. در کنار این، پیش‌بینی درماندگی مالی کمک می‌کند تا سرمایه‌گذاران و اعتباردهندگان فرصت‌های مطلوب سرمایه‌گذاری را از فرصت‌های نامطلوب تشخیص داده، منابعشان را در مسیر مناسب، جهت‌دهی کنند. با توجه به این موارد، پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها همواره یکی از موضوع‌های مورد توجه سرمایه‌گذاران، اعتباردهندگان و دولت‌ها بوده، آنها به تشخیص بموقع شرکت‌های در شرف ورشکستگی علاقه‌مند هستند.

از نظر اقتصادی، درماندگی مالی به زیان‌ده بودن شرکت تعبیر شده و اصطلاحاً شرکت دچار عدم‌موفقیت در دسترسی به اهداف اساس‌نامه شده است. در حقیقت، در این حالت نرخ بازدهی شرکت کمتر از نرخ هزینه سرمایه است. با این وصف، توجه به این نکته حایز اهمیت است که درماندگی مالی لزوماً به ورشکستگی منجر نمی‌شود؛ بلکه اعلام ورشکستگی یکی از پیامدهای آن بوده، معمولاً آخرین راه حل است.

با توجه به تاثیرات معکوس ورشکستگی بر بازارهای سرمایه و اقتصاد، پژوهشگران و ذی‌نفعان بر آن شدند تا با استفاده از رویکردهای مختلف، الگوهای پیش‌بینی درباره‌ی دورنمای کلی شرکت‌ها را توسعه داده و میزان زیانهای وارده و تاثیرهای ناشی از آن را کاهش دهند. برای این منظور، تحقیقات متعددی در زمینه انتخاب نسبت‌های مالی و نحوه ترکیب آنها برای ارائه بهترین تخمین از وضعیت درماندگی مالی شرکت‌ها، انجام شده است [۱۷-۱].

تحقیقات اولیه بر مدل‌های تک‌متغیره مانند یک نسبت مالی، تمرکز داشتند. چارلز مروین اثر نسبت‌های مالی را برای شرکت‌های ورشکسته و غیرورشکسته در یک دوره شش ساله بررسی کرد. ویلیام بیور برای بررسی توان نسبت‌های مالی در پیش‌بینی درماندگی مالی، از تجزیه و

تحلیل تک متغیره استفاده نمود [۲]. در تحقیقات بعدی مدل‌های چند متغیره مورد توجه قرار گرفتند. در واقع، محققان دریافته بودند که عوامل گوناگونی وجود دارند که به طور همزمان بر درماندگی مالی شرکت‌ها اثر می‌گذارند. ادوارد آلتمن، برای نخستین بار اثر ترکیبات مختلف نسبت‌های مالی را برای پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها بررسی نمود. پس از او، [۴] با ارائه متغیرهای مستقل و [۵] با استفاده از تجزیه و تحلیل لجستیک به نتایج مناسبی دست یافتند.

در سال‌های اخیر، با گسترش الگوریتم‌های ریاضی و بهینه‌سازی تکاملی، مسأله پیش‌بینی درماندگی مالی در قالب یک مسأله بهینه‌سازی بررسی شده است. استفاده از روش تجزیه و تحلیل چندگانه (MDA) [۸-۶]، الگوریتم ژنتیک [۱۱-۹]، شبکه‌های عصبی [۱۴-۱۲]، استدلال موردگرا [۱۶-۱۵] و برنامه‌ریزی خطی [۱۷] نمونه‌هایی از فعالیت‌های انجام شده در این زمینه هستند.

مطابق ماده ۹۵ برنامه سوم توسعه و با توجه به رویکرد خصوصی‌سازی در صنعت برق، بورس برق و انرژی نقش مهمی در چرخه اقتصادی کشور ایفا خواهد کرد. بازار بورس مهمترین اهرم، شاخصه و مکانیزم بازار آزاد و نیز مهمترین راهکار موجود برای پیشبرد پروژه خصوصی‌سازی در اقتصاد برق است. اقتصاد برق از دو عنصر اساسی: صنعت برق و کالای برق، تشکیل گردیده و بازار بورس نیز مشتمل بر دو بازار بورس سهام و بورس کالا است. بورس سهام محل واگذاری مالکیت دولتی بر صنعت برق از طریق عرضه و فروش سهام صنعت برق به بخش خصوصی است [۱۸].

با توجه به اهمیت این موضوع، راه‌اندازی بورس برق در ایران یکی از مهمترین مأموریت‌ها و موضوع‌های فعالیت شرکت مدیریت شبکه برق ایران را تشکیل داده است. در این راستا بورس انرژی با محوریت برق در سال ۱۳۹۰ آغاز به کار نموده و پذیره‌نویسی آن نیز انجام گرفته است. لذا، در آینده نزدیک سهام شرکت‌ها در قالب بورس سهام و کالای برق در قالب بورس کالا در تالار بورس برق عرضه شده و موسسات مالی و اشخاص حقیقی به سرمایه‌گذاری دعوت می‌شوند. با توجه به این موارد، ارائه فعالیت‌های مشاوره‌ای

بیشترین فراوانی به ترکیب خطی آنها مربوط می‌شود. مطابق این ترکیب، مسئله پیش‌بینی ورشکستگی در قالب یک مسئله بهینه‌سازی با هدف بیشینه‌سازی میزان تخمین‌های صحیح در مجموعه داده‌های آموزش مطابق روابط زیر بررسی می‌گردد:

$$Max \text{ Fit} = \sum_{i \in \Omega^F} \beta_i \quad (1)$$

$$\beta_i = \varphi_i \cdot \gamma_i + (1 - \varphi_i) \cdot (1 - \gamma_i) \quad (2)$$

$$\zeta_i = \sum_{j \in \Omega^R} \alpha_j \cdot \chi_{ij}, \quad \forall i \in \Omega^F \quad (3)$$

$$\gamma_i = \begin{cases} 1 & , \quad \zeta_i \geq \bar{\zeta} \\ 0 & , \quad \zeta_i < \bar{\zeta} \end{cases} \quad (4)$$

در این روابط، (۱) تابع هدف مسئله پیش‌بینی درماندگی مالی بوده و با هدف بیشینه‌سازی میزان تخمین‌های صحیح، بهینه می‌گردد. رابطه (۲) معرف متغیر تصمیم‌گیری نشان‌دهنده صحت یا عدم صحت پیش‌بینی انجام شده است. چنانچه تخمین ارائه شده با واقعیت شرکت مطابقت داشته باشد، مقدار آن برابر یک شده و در غیر این صورت مساوی صفر است. با توجه به اینکه رابطه ارائه شده غیرخطی است، چنانچه تمایل به استفاده از الگوریتم‌های برنامه‌ریزی خطی موجود باشد، می‌توان آن را مطابق روابط زیر خطی‌سازی نمود:

$$\beta_i = 2\varphi_i \cdot \gamma_i - \varphi_i - \gamma_i \quad (5)$$

$$\beta_i = 2\omega_i - \varphi_i - \gamma_i \quad (6)$$

$$\omega_i = \varphi_i \cdot \gamma_i \quad (7)$$

$$2\omega_i \leq \varphi_i + \gamma_i \quad (8)$$

$$\omega_i + 1 \geq \varphi_i + \gamma_i \quad (9)$$

رابطه (۵) ساده شده رابطه (۲) است که با جایگزینی یک متغیر دودویی کمکی، همچون ω_i در آن، رابطه (۶) حاصل می‌شود. به منظور خطی‌سازی این رابطه کافی است به جای رابطه (۷) نامساوی‌های ارائه شده در روابط (۸) تا (۹) استفاده شود.

رابطه (۳) نمایانگر تابع درماندگی مالی شرکت‌ها بوده،

برای تشویق سرمایه‌گذاران در این طرح و جلوگیری از دست رفتن اصل و فرع سرمایه با استفاده از مطالعات ورشکستگی، از جمله مواردی است که سبب رونق در بورس برق و انرژی می‌گردد.

بورس برق همچون سایر بسترهای مبادلاتی، به علت ماهیتی که دارد، متأثر از عوامل قابل پیش‌بینی و یا تصادفی متفاوتی است. متغیرهایی از جمله نرخ تورم مورد انتظار، نرخ سود تسهیلات بانکی، نرخ بازدهی مورد انتظار بازارهای موازی، بازارهای جهانی و قیمت کالاهای صادراتی در حوزه برق و انرژی، نرخ ارز، میزان خصوصی‌سازی در قالب بورس سهام برق و سایر متغیرهای سیاسی و تحولات بین المللی است [۲] و [۱۸].

در این مقاله با هدف ارائه یک تخمین اولیه از وضعیت درماندگی مالی شرکت‌ها، مسئله پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های قابل پذیرش در بورس برق و انرژی بررسی می‌شود. برای این منظور، مسئله در قالبی نوین فرمول‌بندی شده، پیش‌بینی‌ها از طریق یک الگوریتم مبتنی بر کلونی مصنوعی زنبور انجام می‌شود. با توجه به نوپا بودن بورس برق و نبود اطلاعات مالی شرکت‌های قابل پذیرش در آن، شرکت‌های متعددی از میان شرکت‌های مرتبط با حوزه برق و پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران بر مبنای اساس نامه آنها انتخاب شده و فضای آموزش نسبتاً جامعی را تشکیل داده‌اند؛ شرکت‌های ورشکسته بر مبنای ماده ۱۴۱ قانون تجارت انتخاب شده‌اند. مدل‌سازی‌های متنوعی برای مسئله اجرا شده و کارایی راهکار پیشنهادی در قالب چندین سناریو، بررسی و نشان داده شده است.

۲- فرمول‌بندی مسئله

هدف از حل مسئله پیش‌بینی درماندگی مالی، ارائه مدلی برای ترکیب نسبت‌های مالی به گونه‌ای است که مدل حاصل شده قادر باشد با بیشترین میزان صحت، ورشکستگی و یا عدم ورشکستگی یک بنگاه اقتصادی را تخمین بزند. برای این منظور، دسته‌ای از شرکت‌ها به عنوان داده‌های آموزش انتخاب و سعی می‌شود تا با استفاده از آنها ضرایب یک مدل پیش‌بینی کننده آموزش داده شود. تاکنون روش‌های مختلفی برای ترکیب نسبت‌های مالی ارائه شده که

ورشکستگی یا عدم ورشکستگی یک شرکت مطابق رابطه (۴)، تعیین می‌گردد.

توجه به این نکته حایز اهمیت است که اگر چه تابع هدف رابطه (۱) در قالب توابع خطی فرمول‌بندی شده و قابل حل با استفاده از الگوریتم‌های برنامه‌ریزی خطی است، ولی با توجه به اینکه در مسائل پیش‌بینی نزدیکی به داده‌های آموزش الزاماً مطلوبیت مدل آموزش‌دیده را نتیجه نمی‌دهد، لذا استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی تکاملی در پروسه‌های پیش‌بینی کاملاً مرسوم است [۸-۱۷].

۳- بحث در مورد اهمیت بررسی مسأله پیش‌بینی درماندگی مالی در محیط تجدید ساختار شده

همان طور که در بحث تجدید ساختار مطرح می‌شود، یکی از گام‌های تجدید ساختار خصوصی‌سازی و عرضه شرکت‌ها در بورس است. چنانچه شرکتی در ابعاد شرکت‌های تولید، انتقال و توزیع خصوصی‌سازی گردد، قطعاً در قالب سهام به تعداد زیادی از سرمایه‌گذاران واگذار می‌شود. در چنین شرایطی شرکت‌ها از قالب تصمیم‌گیری‌های محیط سنتی خارج و تابع قوانین بورس می‌شوند. کلیه فعالیت‌های آنها روشن شده، در معرض عموم قرار می‌گیرند و اثرات آن به صورت روزانه در ارزش سهام شرکت در قالب تالار بورس مشاهده می‌شود. در این شرایط، امنیت سرمایه‌گذاری یکی از مهمترین لوازم بوده، از دست‌رفتن اصل و فرع سرمایه‌گذاری می‌کند. بدین ترتیب، تصمیم‌گیری مالی نسبت به گذشته راهبردی‌تر شده و همواره با ریسک و عدم اطمینان همراه است.

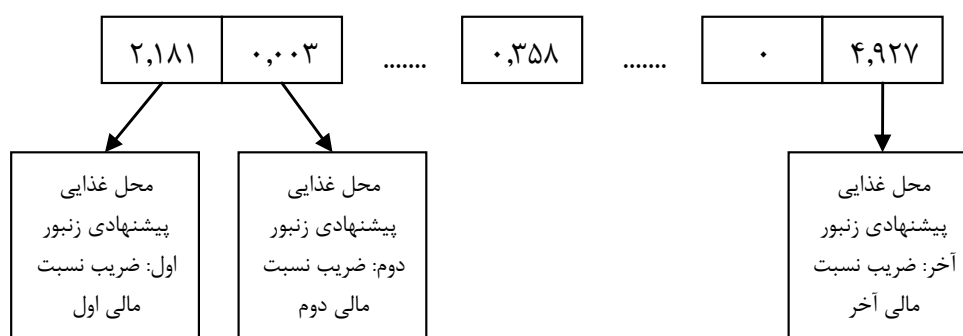
از طرف دیگر، تصمیمات شرکت‌ها بر نقدینگی بازار سرمایه و توسعه آنها مؤثر است. چنانچه تصمیم‌های آنها در مسیر درماندگی مالی تلقی شود، بانک‌ها اعتباردهی به آنها را کاهش داده، در ازای وامی که به شرکت‌ها می‌دهند، بهره بالاتری را برای جبران ریسک اضافی درخواست می‌کنند. این درحالی است که کلیه فعالیت‌های مرتبط با توسعه شرکت‌ها از طریق اعتبارهای بانکی انجام می‌گیرد. به

صورت مشابه، موسسات سرمایه‌گذاری همچون صندوق‌های بازنشستگی و شرکت‌های بیمه و یا اشخاص حقیقی، خرید سهام آنها را کاهش داده، به خرید اوراق قرضه بانک‌ها و یا بازارهای مشابه اقدام می‌کنند. تمامی این موارد به کاهش نقدینگی در بازارهای سرمایه، افزایش هزینه سرمایه شرکت‌ها و کاهش رشد اقتصادی شرکت خصوصی شده منجر می‌شود.

نتیجه عملی چنین رخدادی را می‌توان در ورشکسته‌شدن اولین شرکت‌های خصوصی انتقال (TransCo) جهان مشاهده نمود؛ این در حالی است که نتایج حاصل از برنامه‌ریزی‌ها، پیش از رسیدن به مرحله اجرا، کاملاً سوددهی شرکت را نشان می‌دادند. به عنوان یک نمونه دیگر، بررسی‌های اقتصاددانان فلیپین باعث شد تا دولت علی‌رغم خصوصی نمودن تمامی بخش‌های صنعت برق از واگذاری شبکه انتقال به بخش خصوصی خودداری کند [۱۹].

نمی‌توان ادعا نمود که چالش‌های شرکت‌های تولید و توزیع انرژی الکتریکی مشابه شرکت‌های انتقال است، ولی با یک قیاس ساده می‌توان پذیرفت که چنین شکل از مشکلاتی در سطح پایین‌تر برای شرکت‌ها توزیع خصوصی‌سازی شده نیز وجود دارد. در حقیقت، در یک محیط تجدید ساختار شده و برای یک شرکت خصوصی‌سازی شده از طریق بورس، کمینه‌سازی هزینه‌ها و یا بیشینه‌سازی سود (مطابق تعریف مرسوم) قادر به مدل‌سازی مناسب مسأله برنامه‌ریزی توسعه نیست. در چنین شرایطی انجام مطالعات جدید برای یافتن تابع هدف مناسب بسیار سودمند است.

تابع پیش‌بینی درماندگی مالی می‌تواند به عنوان معیار جدیدی برای توسعه سیستم قدرت (علی‌الخصوص سیستم انتقال) در محیط تجدید ساختار شده به کار رود. در حقیقت، به جای کمینه‌سازی هزینه‌ها یا بیشینه نمودن اختلاف درآمدها از هزینه‌ها، دوری از مرز ورشکستگی به عنوان هدف مسأله توسعه سیستم پیشنهاد می‌گردد. طبعاً هدف هر شرکتی افزایش سرمایه، سودآوری و دوری هر چه بیشتر از ورشکستگی است؛ با توجه به اینکه مدل‌سازی دقیق



شکل (۱): نمونه کدگذاری در الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عسل

مطابق این کدگذاری، هر یک از زنبورها موظفند ضریب یکی از نسبت‌های مالی را دریافت کنند. وقتی که هر یک از این زنبورها پاسخ خود را پیشنهاد دادند، یک جمعیت اولیه تولید شده است. سپس تابع درماندگی مالی کلیه شرکت‌ها محاسبه و با توجه به وضعیت واقعی شرکت و مطابق رابطه (۱) برازندگی پاسخ پیشنهادی محاسبه می‌گردد.

سپس، جمعیت منابع غذایی (راه‌حل‌ها) به فاز اصلی الگوریتم که جستجو توسط زنبوران کارگر، ناظر و دیده‌بان است، فرستاده می‌شود. پس از آن، هر یک از زنبورهای کارگر به سوی موقعیت غذایی (راه‌حل) مربوط به خود فرستاده شده، روند تکراری الگوریتم تا برقراری شرط توقف برنامه ادامه می‌یابد.

۵- مطالعات عددی و نتایج

۵-۱- معرفی

به منظور استفاده از روش پیشنهادی، برنامه‌های مربوطه در محیط نرم‌افزار *Matlab* نوشته شده است. کاربر با ارائه مجموعه داده‌های آموزش، داده‌های تست و سایر اطلاعات فنی و اقتصادی نتایج شبیه‌سازی‌ها را به صورت گرافیکی مشاهده می‌نماید.

به منظور جمع‌آوری اطلاعات شرکت‌ها از صورت‌های مالی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده که این صورت‌ها از طریق سایت بورس اوراق بهادار و کتابخانه بورس و سایت مدیریت پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی بورس اوراق بهادار قابل دسترسی است [۲۲-۲۳].

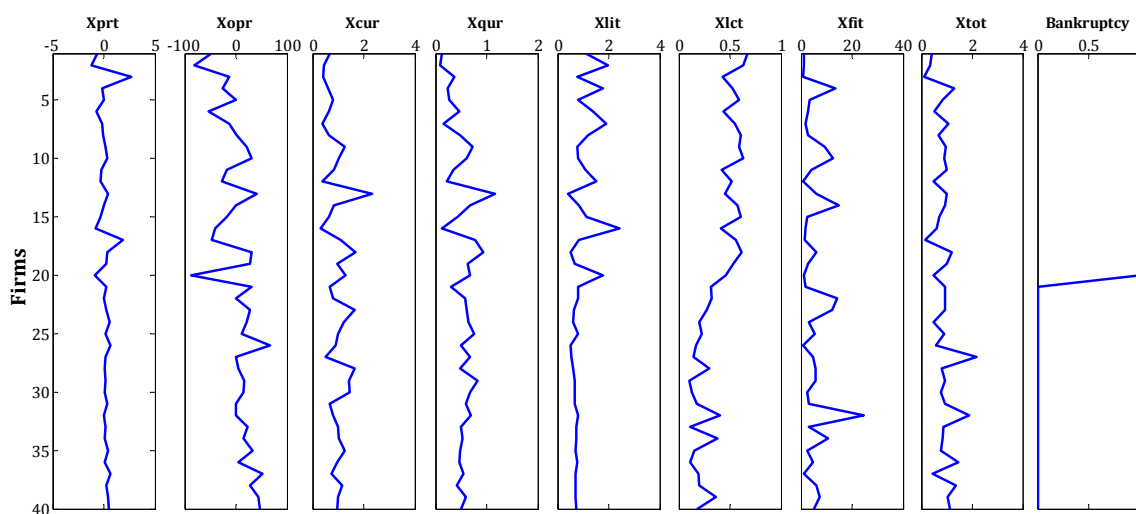
سودآوری در محیط بورس نیازمند مدل‌سازی مناسب ریسک است، استفاده از تابع پیش‌بینی درماندگی مالی به علت ترکیب مناسب نسبت‌های مالی گزینه مناسبی می‌نماید. نسبت‌های مالی این امکان را فراهم می‌کنند تا کلیه جزئیات اقتصادی مسئله مورد مطالعه که پیش از این در قالب تابع هدف محیط سنتی استفاده می‌شوند، در قالب نسبت‌های مالی مدل شوند (پیوست دو).

مطابق این توضیحات، اگر چه هدف اولیه این پژوهش ارائه مدل درماندگی مالی برای شرکت‌های قابل پذیرش در بورس برق به منظور کمک به سرمایه‌گذاران است، ولی مدل حاصل شده می‌تواند با اعمال ملاحظات برای برنامه‌ریزی توسعه سیستم‌های قدرت در محیط تجدیدساختار شده نیز استفاده شده، یکی از اهداف آتی نویسندگان است.

۴- روش حل مسئله

به منظور حل مسئله پیش‌بینی درماندگی مالی برای مجموعه‌ای از داده‌های آموزش، از کلونی مصنوعی زنبور عسل استفاده شده است؛ در حالی که توضیحات متناظر با این الگوریتم در مراجع [۲۰-۲۱] ارائه شده، خلاصه مختصری از آنها در پیوست مقاله گنجانیده شده است.

برای مدل‌سازی مناسب ساختار مسئله، تعداد مجموع زنبورهای کارگر و ناظر برابر تعداد کل نسبت‌های مالی فرض می‌گردد. بر این اساس، هر یک از این زنبورها باید با جستجو در فضای نسبت مالی خود، بهترین میزان برای ضریب نسبت مالی متناظر را پیدا نماید. به منظور کدگذاری مسئله در شبیه‌سازی کامپیوتری مطابق شکل (۱) عمل شده است.



شکل (۲): مجموعه کامل اطلاعات داده های تست

الف) به منظور همگن شدن نمونه آماری در سال های مورد بررسی، قبل از سال ۱۳۸۲ در بورس اوراق بهادار تهران پذیرفته شده باشند؛

ب) به لحاظ افزایش قابلیت مقایسه، دوره مالی آنها منتهی به پایان اسفندماه باشد؛

پ) طی سال های مالی مذکور تغییر فعالیت یا تغییر سال مالی نداشته باشند؛

ت) سهام شرکت در طول اسفندماه هر سال حداقل یک بار معامله شده باشد. این شرط محاسبه ارزش بازار حقوق صاحبان سهام را امکان پذیر می نماید؛

ث) جزو شرکت های سرمایه گذاری، واسطه گری مالی، هلدینگ، بانک و لیزینگ نباشد.

مسئله در قالب چندین سناریو بررسی شده و کامپیوتر استفاده شده در شبیه سازی ها دارای اطلاعات فنی شامل، سی پی یو *Centrino 1.8GB* و 1GB رم است.

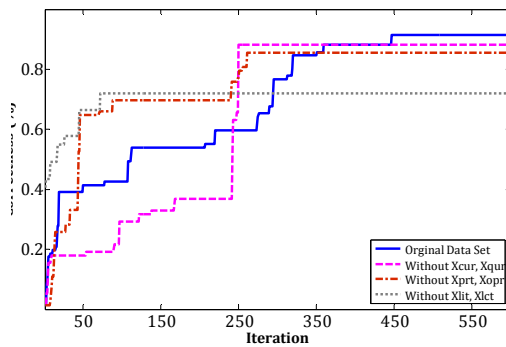
۵-۲- نتایج

سناریوی اول

در این سناریو، مسئله پیش بینی درماندگی مالی بنگاه های اقتصادی با توجه به نسبت های مالی ذکر شده بررسی شده است. الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عسل می کوشد با استفاده از مجموعه داده های آموزش، بهترین مدل خطی را پیشنهاد نماید. نتایج حاصل از اجرای

در مطالعه حاضر از اطلاعات مربوط به شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره ۱۳۸۲-۱۳۸۷ استفاده شده است. مطابق با اساسنامه شرکت ها ۱۱۸ سال- شرکت قابل پذیرش در بورس برق و انرژی انتخاب شده و مجموعه نسبت های مالی شامل: نسبت جاری، نسبت آنی، درصد بدهی به مجموع دارایی، گردش مجموع دارایی ها، گردش دارایی های ثابت، درصد سود به درآمد، درصد سود عملیاتی به درآمد، نسبت فروش به دارایی های جاری و نیز نسبت بدهی جاری به بدهی کل برای آنها محاسبه شده است.

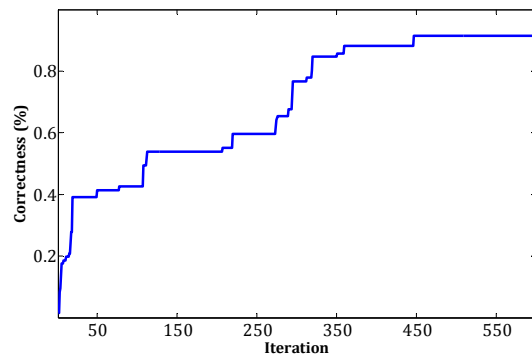
علاوه بر این، ۴۰ سال- شرکت به عنوان داده های تست، برای بررسی نهایی کیفیت پاسخ های پیشنهادی، انتخاب شده اند. مجموعه کامل اطلاعات متناظر با داده های تست در شکل (۲) گزارش شده است. همان طور که مشاهده می شود، تعداد شرکت های ورشکسته و غیرورشکسته یکسان بوده، داده ها از پراکندگی مناسبی برخوردارند. لذا مجموعه حاضر قادر است تا کیفیت مدل ورشکستگی را به صورت مناسب بررسی نماید. معیار ورشکسته بودن شرکت ها اصل ۱۴۱ قانون تجارت است. در کنار این موارد، سعی شده تا با توجه به ماهیت پژوهش و به علت وجود برخی ناهمبستگی ها میان شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، شرایط ذیل با هدف دستیابی به جامعه آماری مناسب مد نظر بوده است:



شکل (۴): نحوه همگرایی الگوریتم بهینه‌سازی با فرض در اختیار نبودن برخی از نسبت‌های مالی در سناریوی دوم

جدول (۲): نتایج سناریوی اول بر روی داده‌های تست

وضعیت	ورشکسته		غیرورشکسته	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد
ورشکسته	۱۷	۸۵	۳	۱۵
غیرورشکسته	۴	۲۰	۱۶	۸۰



شکل (۳): نحوه همگرایی الگوریتم به پاسخ بهینه در سناریوی اول

جدول (۱): نتایج سناریوی اول بر روی داده‌های آموزش

وضعیت	ورشکسته		غیرورشکسته	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد
ورشکسته	۵۷	۹۶/۶۱	۲	۳/۳۹
غیرورشکسته	۷	۱۱/۸۶	۵۲	۸۸/۱۴

جدول (۳): نتایج اجرای مدل‌های مختلف برای سناریوی اول

مدل استفاده شده	دقت بر روی داده‌های آموزش (%)	دقت بر روی داده‌های تست (%)
آلتمن [۱]	۶۴/۶۶	۷۰/۰۰
Logit [۵]	۶۶/۰۰	۶۸/۰۰
MDA [۶]	۷۴/۶۶	۷۶/۰۰
رابطه (۱۰)	۹۲/۳۷	۸۲/۵۰

جدول‌های (۱) و (۲) نتایج جذابی را در مورد کیفیت مدل فوق بر روی داده‌های آموزش و تست ارائه می‌دهند. این جدول‌ها بیان می‌کنند که چه تعداد از شرکت‌های ورشکسته اعلام شده واقعاً ورشکسته بوده و چه تعداد از آنها واقعاً غیرورشکسته بوده‌اند. به صورت مشابه، جدول (۲) نتایج گویایی را در مورد وضعیت شرکت‌های غیرورشکسته به دست می‌دهد. چنین جدولی را جدول آلتمن می‌نامند. مطابق نتایج ارائه شده، مدل درماندگی مالی رابطه (۱۰) قادر است تا با دقتی نزدیک به ۹۷٪ درماندگی مالی یک شرکت واقعاً ورشکسته و نیز با دقتی نزدیک به ۸۹٪ عدم درماندگی مالی یک شرکت واقعاً غیرورشکسته را تخمین بزند. مطابق نتایج جدول (۲)، پاسخ‌های الگوریتم پیشنهادی حدوداً در ۸۲٪ شرکت‌ها با پاسخ‌های واقعی مطابقت دارد.

الگوریتم که حدوداً پس از چهار دقیقه محاسبات کامپیوتری نتیجه شده در شکل (۳) و جدول‌ها (۱) و (۲) گزارش شده‌اند. شکل (۳) نحوه همگرایی الگوریتم به پاسخ بهینه را برای داده‌های آموزش نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عسل به واسطه اجرای جستجوهای محلی پیرامون هر منبع غذایی، روند همگرایی آرام ولی پیوسته‌ای داشته و در تعداد تکرارهای قابل قبولی به پاسخ بهینه همگرا شده است.

علاوه بر این، به منظور بررسی کیفیت پاسخ‌های ارائه شده، مسئله با استفاده از حل‌کننده برنامه‌ریزی خطی *CPLEX* حل شده است. نتایج حاصل از اجرای این آزمون که در کمتر از ۱۰ ثانیه حاصل شدند، از نظرگاه میزان صحت دقیقاً با پاسخ‌های کلونی مصنوعی زنبور عسل مشابه هستند. توجه به این نکته حائز اهمیت است که طبقه‌بندی‌کننده‌ها الزاماً پاسخ بهینه‌ای نداشته، به ازای مقادیر متفاوت از ضرایب ممکن است تابع هدف مسئله چندین بار بیشینه گردد. طبقه‌بندی‌کننده پیشنهاد شده توسط الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عسل در این سناریو مطابق رابطه زیر است:

$$\begin{aligned}
 z = & 0.512x_{PT} - 0.0138x_{OPR} + 0.9083x_{CuR} \\
 & - 0.6650x_{QUR} + 1.0699x_{LIT} - 3.0010x_{LCT} \\
 & + 0.0002x_{FIT} - 0.2705x_{TOT}
 \end{aligned} \quad (10)$$

جدول (۴): نتایج سناریوی دوم بر روی داده های آموزش

وضعیت	نسبت های مالی حذف شده	ورشکسته		غیورورشکسته	
		تعداد	درصد	تعداد	درصد
ورشکسته	x_{CuR}, x_{QuR}	۵۱	۸۶/۴۴	۸	۱۳/۵۶
	x_{PRT}, x_{OpR}	۵۱	۸۶/۴۴	۸	۱۳/۵۶
	x_{LiT}, x_{LcT}	۴۶	۷۷/۹۶	۱۳	۲۲/۰۳
غیورورشکسته	x_{CuR}, x_{QuR}	۷	۱۱/۸۶	۵۲	۸۸/۱۴
	x_{PRT}, x_{OpR}	۱۱	۱۸/۶۴	۴۸	۸۱/۳۶
	x_{LiT}, x_{LcT}	۱۵	۲۵/۴۲	۴۴	۷۴/۵۷

جدول (۵): نتایج سناریوی دوم بر روی داده های تست

وضعیت	نسبت های مالی حذف شده	ورشکسته		غیورورشکسته	
		تعداد	درصد	تعداد	درصد
ورشکسته	x_{CuR}, x_{QuR}	۱۵	۷۵	۵	۲۵
	x_{PRT}, x_{OpR}	۱۴	۷۰	۶	۳۰
	x_{LiT}, x_{LcT}	۱۳	۶۵	۷	۳۵
غیورورشکسته	x_{CuR}, x_{QuR}	۴	۲۰	۱۶	۸۰
	x_{PRT}, x_{OpR}	۵	۲۵	۱۵	۷۵
	x_{LiT}, x_{LcT}	۶	۳۰	۱۴	۷۰

به منظور بررسی کیفیت مدل های پیشنهاد شده نسبت به سایر الگوریتم ها، مسأله با استفاده از مدل های آلتمن [۱]، MDA [۶] و $Logit$ [۵] نیز حل شده و خلاصه نتایج در جدول (۳) گزارش شده است. شایان ذکر است که نتایج حاصل از دو روش اخیر از طریق نرم افزار SPSS 16 محاسبه شده اند. همان طور که در این جدول مشاهده می شود، نتایج راهکار پیشنهادی از کیفیت قابل قبولی برخوردار بوده، نسبت به مدل های ارائه شده در [۵-۶] تعمیم پذیری بیشتری از خود نشان می دهد.

سناریوی دوم

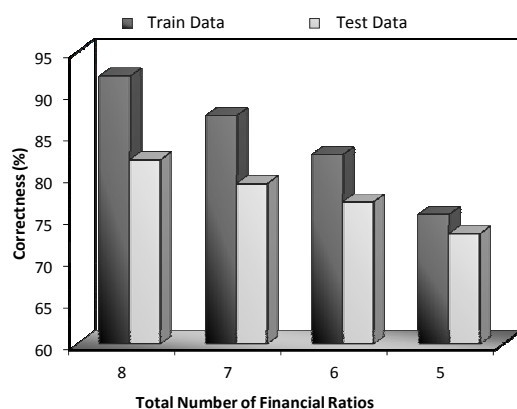
هدف از پیش بینی ورشکستگی ترکیب مناسب نسبت های مالی به منظور دستیابی به یک مدل تعمیم پذیر است. با وجود این، برخی از نسبت های مالی ممکن است توانایی بیشتری در شناسایی درماندگی مالی داشته باشند. طبعاً ضریب تاثیر این نسبت های مالی نیز در مدل ورشکستگی بیشتر است. برای مثال، در رابطه (۱۰) بیشترین ضرایب به نسبت های مرتبط با توانایی پرداخت بدهی ها (x_{LiT}, x_{LcT}) مربوط می شود. به صورت مشابه، در نمودارهای شکل (۲) نیز می توان مشاهده نمود که میزان شباهت ریاضی (correlation) میان نسبت های مرتبط با توانایی پرداخت بدهی ها و وضعیت درماندگی مالی شرکت ها قابل توجه است.

با توجه به اینکه نسبت های مالی با استفاده از داده های خام ارائه شده به بورس محاسبه می شود، لذا ممکن است برخی از این داده ها به دلایل متعدد، از جمله: خطای انسانی، انجام نشدن حسابرسی فصلی و سالانه و یا به دلایل

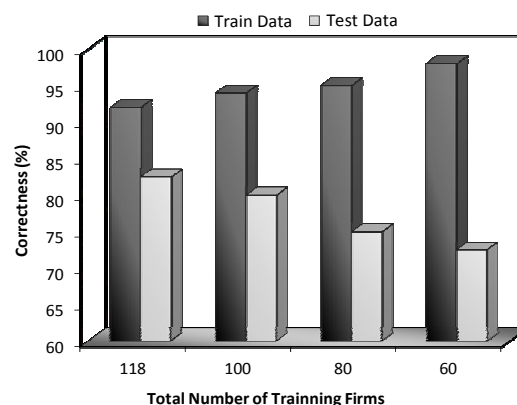
مغرضانه به درستی ارائه نشوند؛ قطعاً این موضوع بر نسبت های مالی و تابع درماندگی مالی اثرات زیان باری می گذارد. این سناریو می کوشد با حذف برخی از نسبت های مالی، تاثیرات آنها را بر کیفیت مدل درماندگی بررسی و بهینه ترین تابع درماندگی مالی متناظر با هر وضعیت را ارائه نماید. سرمایه گذاران می توانند با استفاده از این مدل ها، ضمن کاهش ریسک تصمیم های آینده، کیفیت اطلاعات شرکت های پذیرفته شده در بورس برق را رصد نمایند.

نسبت های مالی مورد استفاده در رابطه (۱۰) به چهار دسته کلی نسبت های سودآوری (x_{PRT}, x_{OpR})، نسبت های نقدینگی (x_{CuR}, x_{QuR})، نسبت های مرتبط با توانایی پرداخت بدهی ها (x_{LiT}, x_{LcT}) و نسبت های دارایی (x_{FIT}, x_{ToT}) تقسیم می شوند. لذا چنانچه داده های خام ارائه شده توسط شرکت ها به تالار بورس نقص داشته باشند، ممکن است نسبت های مالی متناظر با یکی از دسته های فوق تحت تاثیر قرار گرفته، مدل ورشکستگی پاسخ های نامناسبی را ارائه نماید. توجه به این نکته حائز اهمیت است که احتمال وجود نقص در بخش عمده ای از داده های خام به دلیل بازرسی های بورس اندک بوده، لذا معمولاً فقط یک دسته از نسبت های مالی با مشکل مواجه می شوند. علاوه بر این، نسبت های دارایی به علت عرضه در بورس معمولاً شفاف هستند.

شکل (۴) نحوه همگرایی الگوریتم به پاسخ بهینه در صورت نبودن برخی از نسبت های مالی را نمایش می دهد. همان طور که در این شکل مشاهده می شود، عدم حضور نسبت های مرتبط با توانایی پرداخت بدهی ها (x_{LiT}, x_{LcT}) تاثیر چشم گیری در همگرایی الگوریتم دارند؛



شکل (۴): نتایج حاصل از مدل درماندگی مالی در سناریوی چهارم



شکل (۵): نتایج حاصل از مدل درماندگی مالی در سناریوی سوم

می‌دهند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، دقت الگوریتم پیشنهادی در این شرایط بر روی داده‌های آموزش و تست به ترتیب برابر ۷۸/۸۱٪ و ۷۰٪ است. تحت این شرایط، مدل بهینه منطبق بر داده‌های آموزش مطابق رابطه (۱۳) خواهد بود:

$$z = 1.9847x_{PrT} + 1.8794x_{OpR} - 0.4708x_{CuR} - 0.2626x_{QuR} - 0.0041x_{FiT} + 0.1313x_{ToT} \quad (13)$$

سناریوی سوم

با توجه به اینکه مدل پیش‌بینی درماندگی مالی با مطالعه بر روی مجموعه‌ای از داده‌های آموزش تهیه می‌گردد، لذا بررسی اثر تغییر کمیت داده‌های آموزش بر کیفیت نهایی پاسخ‌ها در این سناریو ارزیابی شده است.

برای این منظور، تعدادی از سال-شرکت‌ها از میان داده‌های اولیه حذف و مساله مجدداً بررسی می‌شود. در بیست تکرار مجزا، ابتدا تعدادی از سال-شرکت‌ها به تصادف، حذف شده و الگوریتم پیش‌بینی درماندگی مالی اجرا می‌گردد. با این عمل، میانگین پاسخ‌های به دست آمده از نظر آماری اعتبار مناسب‌تری پیدا می‌نمایند. نتایج حاصل از این آزمون به صورت گرافیکی در شکل (۵) نمایش داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، در آزمون دوم، ۱۰۰ شرکت در مجموعه داده‌های آموزش قرار دارند؛ بدین معنا که ۱۸ شرکت از مجموعه اولیه حذف شده‌اند. شایان ذکر است که به منظور ایجاد توازن در عملکرد طبقه‌بندی کننده آموزش‌یافته، تعداد

اگر چه مقدار تابع هدف در تکرارهای اول کاملاً مناسب است، ولی به علت ضعف سایر نسبت‌های مالی در شناسایی درماندگی مالی، مقدار تابع هدف در آخرین تکرار فاصله بسیار زیادی با پاسخ بهینه دارد.

جدول‌های (۴) و (۵) جزئیات دقیق حاصل از اجراهای مختلف الگوریتم پیشنهادی را گزارش می‌نمایند. همان‌طور که در این جداول مشاهده می‌شود، در صورت حذف نسبت‌های نقدینگی، مدل آموزش‌یافته قادر است تا داده‌های آموزش و تست را به ترتیب با دقت ۸۷/۲۹٪ و ۷۲/۵۰٪ پیش‌بینی نماید که این مقادیر نسبت به نتایج رابطه (۱۰) به ترتیب به اندازه ۵/۰۸٪ و ۵٪ کاهش یافته‌اند. مدل بهینه درماندگی مالی با فرض در اختیار نداشتن نسبت‌های نقدینگی به صورت زیر است:

$$z = 0.4098x_{PrT} + 0.0144x_{OpR} + 0.5421x_L - 2.7311x_{LeT} - 0.0370x_{FiT} + 0.8626x_{ToT} \quad (11)$$

مطابق نتایج به دست آمده، در صورت حذف نسبت‌های سودآوری، مدل پیشنهادی مطابق رابطه (۱۲) بوده، دقت آن بر روی داده‌های آموزش و تست به ترتیب برابر ۸۳/۹٪ و ۷۲/۵٪ است.

$$z = 0.0216x_{CuR} + 0.2156x_{QuR} + 0.0082x_{LiT} - 2.8770x_{LeT} - 0.0138x_{FiT} + 1.0750x_{ToT} \quad (12)$$

سطر آخر جدول‌های (۴) و (۵) نتایج متناظر با حذف نسبت‌های مرتبط با توانایی پرداخت بدهی‌ها را نشان

شرکت های ورشکسته و غیرورشکسته یکسان انتخاب شده اند.

مطابق نتایج به دست آمده، بر اثر کاهش تعداد سال-شرکت های اولیه از ۱۱۸ به ۶۰، میانگین دقت کلی پاسخ ها بر داده های آموزش به ترتیب از حدود ۹۲٪ به ۹۸٪ افزایش می یابد. در حقیقت، به علت کوچک شدن داده های آموزش، تنوع پاسخ ها کمتر شده و طبقه کننده ساده تر می تواند خود را با داده ها وفق دهد. با این حال، میانگین دقت کلی پاسخ ها بر داده های تست، از میزان ۸۲/۵٪ به حدود ۷۲/۵٪ کاهش می یابد که به خوبی کافی نبودن داده های آموزش در آزمون آخر را روشن می نماید. مطابق این نتایج، بیشتر بودن تعداد داده های آموزش سبب پراکندگی بهتر ضرایب و دستیابی به مدلی با قابلیت توسعه بالاتر می گردد. لذا، ارائه مدل های جامع برای شرکت های قابل پذیرش در بورس برق منوط به در اختیار داشتن داده های حاصل از چندین سال فعالیت مستمر بورس است. مطلب اخیر این پیام روشن را به مدیران آتی بورس می رساند که بهره مندی از مطالعات اقتصادی مرتبط با بورس برق، همچون مسأله حاضر، مستلزم کنار گذاشتن محافظه کاری های احتمالی در دریافت اطلاعات از شرکت های قابل پذیرش در بورس برق است. اهمیت محافظه کاری با نگاهی به ترکیب اعضای هیأت مدیره شرکت های بزرگ دولتی که از طریق بورس به سهامداران واگذار شده اند، بهتر روشن می شود. با توجه به اینکه معمولاً اعضای اصلی هیأت مدیره از اعضای پرنفوذ شاغل در سیستم دولتی انتخاب می شوند، آنها ممکن است بنا بر مصالحی از ارائه بخش از اطلاعات مالی شرکت خود، خودداری کرده و با توجه به نفوذی که دارند، بر این امر پافشاری نمایند. لذا، مدیر بورس موظف است به منظور شفاف سازی در اطلاعات و ایجاد فضای رقابتی عادلانه که از اهداف اصلی تاسیس بورس هستند، به دور از هر فرصت سنجی، از تخطی از قانون جلوگیری کند.

سناریوی چهارم

با توجه به اینکه اطلاعات نسبت های مالی سال-شرکت های اولیه به عنوان اطلاعات پایه برای پیش بینی درماندگی مالی به کار می روند، لذا تغییر تعداد این داده ها در

جهت گیری استدلال ها مؤثر خواهد بود. در این سناریو مسأله پیش بینی درماندگی مالی با تغییر تعداد نسبت های مالی سال-شرکت های اولیه، اجرا و بررسی شده است.

برای این منظور، در هر تکرار تعدادی از نسبت های مالی حذف و الگوریتم به طور مجزا برای بیست مرتبه تکرار شده است. نتایج حاصل از این سناریو در شکل (۶) قرار گرفته است. چنانکه مشاهده می شود، تغییر تعداد نسبت های مالی در کیفیت پاسخ نهایی مؤثر است به گونه ای که بر اثر کاهش ۳۷ درصدی تعداد نسبت های مالی، میانگین دقت مدل بهینه برای داده های آموزش و تست به ترتیب به اندازه ۱۸٪ و ۱۲٪ کاهش یافته است. با در نظر داشتن نتایج دو سناریوی اخیر می توان گفت که تعیین یک مدل درماندگی مالی جامع مستلزم در اختیار داشتن تعداد درخور توجهی سال-شرکت به همراه نسبت های مالی متعدد است.

۶- نتیجه گیری

در این مقاله پیش بینی درماندگی مالی بنگاه های اقتصادی مرتبط با حوزه برق و انرژی، با استفاده از کلونی مصنوعی زنبور عسل بررسی شد. برای این منظور از اطلاعات ۱۱۸-سال شرکت، از میان شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، طی سال های ۱۳۸۷-۱۳۸۲ استفاده شده است. شرکت های مرتبط با حوزه برق و انرژی با توجه به اساسنامه شرکت ها انتخاب شده و نسبت های مالی آنها در سال های مورد مطالعه، مطابق اطلاعات بورس اوراق بهادار تهران در نظر گرفته شده اند. مسأله پیش بینی درماندگی مالی شرکت های مورد نظر، با استفاده از روش پیشنهادی بررسی و نتایج حاصله، در قالب چند سناریو ارائه شد. با توجه به آغاز شدن فعالیت رسمی بورس برق و انرژی در آینده نزدیک، راهکار پیشنهادی مطابق نتایج ارائه شده، نیازهای فنی و اقتصادی مسأله را ارضا نموده و می تواند در پیش بینی دورنمای کلی شرکت های مرتبط با حوزه برق و انرژی مورد استفاده سرمایه گذاران قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از

- دستر مدیریت پژوهش، توسعه و منابع انسانی حوزه ریاست و نیز دفتر مدیریت فناوری اطلاعات معاونت اجرایی سازمان بورس و اوراق بهادار به سبب در اختیار قرار دادن مجموعه اطلاعات مورد نیاز این پژوهش و سایر کمک‌های مادی و معنوی، اعلام می‌دارند.
- ### مراجع
- [1] E. I. Altman, "Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy," *Journal of Finance*, Vol. 23, No. 4, pp. 589-609, 1968.
 - [۲] ساسان مهرانی، کاوه مهرانی، یاشار منصفی و غلامرضا کرمی، "بررسی کاربردی الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی زیمسکی و شیراتا در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران"، *بررسی‌های حسابداری و حسابرسی*، ش ۴۱، صص. ۱۰۵-۱۳۱، ۱۳۸۴.
 - [۳] محمدرضا نیکبخت و مریم شریفی، "پیش‌بینی ورشکستگی مالی شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی"، *مدیریت صنعتی*، دوره ۲، ش ۴، صص. ۱۶۳-۱۸۰، ۱۳۸۹.
 - [4] B. W., Keats, J. S. Bracker, "Toward a theory of small firm performance: A conceptual model," *American Journal of Small Business*, Vol. 12, pp. 41-58, 1988.
 - [5] J. A. Ohlson, "Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy," *Journal of Accounting Research*, pp. 109-131, 1980.
 - [6] M. A. Aziz and A. D. Humayon, "predicting corporate bankruptcy: Where we stand?," *Journal of Corporate Governance*, Vol. 6, No. 1, pp. 18-33, 2006.
 - [7] R. D. Foreman, "A logistic analysis of bankruptcy within the US local telecommunications industry," *Journal of Economics and Business*, pp. 1-32, 2002.
 - [8] C. Tsai, "Feature selection in bankruptcy prediction," *Knowledge-Based Systems*, Vol. 22, pp. 120-127, 2009.
 - [9] H. Etemadi, A. A. Anvary-Rostamy and H. Farajzadeh-Dehkordi, "A genetic programming model for bankruptcy prediction: Empirical evidence from Iran," *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, pp. 3199-3207, 2009.
 - [10] K. Shin and Y. Lee, "A genetic algorithm application in bankruptcy prediction modeling," *Expert Systems with Applications*, Vol. 23, No. 3, pp. 321-328, 2002.
 - [11] F. Varetto, "Genetic algorithms applications in the analysis of insolvency risk," *Journal of Banking and Finance*, Vol. 22, pp. 1421-1439, 1998.
 - [12] E. I. Altman, G. Marco and F. Varetto, "Corporate distress diagnosis: Comparisons using linear discriminant analysis and neural networks (the Italian Experience)," *Journal of Banking and Finance*, Vol. 18, pp. 505-529, 1994.
 - [13] H. Jo, I. Han and H. Lee, "Bankruptcy prediction using case based reasoning, neural networks, and discriminant analysis," *Expert Systems with Applications*, Vol. 13, No. 2, pp. 97-108, 1997.
 - [14] M. Kim, D. Kang, "Ensemble with neural networks for bankruptcy prediction," *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, pp. 3373-3379, 2010.
 - [15] C. Park and I. Han, "A case-based reasoning with the feature weights derived by analytic hierarchy process for bankruptcy prediction," *Expert Systems with Applications*, Vol. 23, No. 3, pp. 225-264, 2002.
 - [16] H. Ahn, K. Kim, "Bankruptcy prediction modeling with hybrid case-based reasoning and genetic algorithms approach," *Applied Soft Computing*, Vol. 9, pp. 599-607, 2009.
 - [17] A. S. Vranas, "The significance of financial characteristics in predicting business failure: An analysis in the Greek context," *Foundations of Computing and Decision Sciences*, Vol. 17, No. 4, pp. 257-275, 1992.
 - [۱۸] حسین ارغوانی، "بورس برق"، چهارمین همایش انرژی ایران، ۱۳۸۲.
 - [19] [Online]. Available: <http://www.gmanetwork.com/news/story/123792/news/nation/congress-urged-to-stop-transco-privatization>
 - [20] D. Karaboga, "An idea based on honey bee swarm for numerical optimization," *Technical Report TR06*, Engineering Faculty, Computer Engineering Department, 2005.
 - [۲۱] سید مهدی مظهری، امیر باقری، حسن منصف، حمید لسانی، "ارائه رویکردی جدید در برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن ارزش واقعی کفایت مبتنی بر کلونی مصنوعی زنبور عسل

خود انجام می‌دهد. این اصلاحات بر اساس اطلاعات قبلی موجود در حافظه، اطلاعات محلی (اطلاعات بصری) و یافتن یک منبع غذایی در همسایگی منبع غذایی مربوط به خود، صورت می‌پذیرد. سپس با توجه به موارد ذکر شده، موقعیت جدید منبع غذایی ارزیابی می‌گردد. در الگوریتم زنبورعسل، یافتن منبع غذایی جدید در همسایگی منبع قبلی با استفاده از یک معیار تصادفی (φ_{ij}) و مطابق رابطه زیر انجام می‌گیرد:

$$v_{ij} = x_{ij} + \varphi_{ij} \times (x_{ij} - x_{kj}) \quad (\text{پ-۱})$$

در این رابطه، x_{ij} موقعیت غذایی قبلی و v_{ij} موقعیت منبع غذایی جدید است. از طرفی، j یک عدد طبیعی است که حداکثر برابر تعداد متغیرهای مسئله فرض شده (D) و k نیز به صورت تصادفی از بازه $\{1, 2, \dots, SN\}$ انتخاب می‌گردد. SN برابر تعداد زنبورهای ناظر و کارگر در کلونی مصنوعی زنبور عسل است [۲۱-۲۰].

در این مرحله، زنبور کارگر، با توجه به مقدار شهد موجود در منابع غذایی، انتخابی را بین x_{ij} و v_{ij} انجام می‌دهد. اگر میزان برازندگی v_{ij} نسبت به x_{ij} بالاتر باشد، زنبور کارگر، موقعیت جدید را در حافظه خود ذخیره و موقعیت قبلی را فراموش می‌کند.

پس از آن، زنبورهای کارگر به کندو بازگشته، در فرآیند "تصمیم‌گیری" شرکت می‌کنند. فرض می‌شود که هر زنبور قابلیت درک و دریافت اطلاعات سایر زنبورها را داشته و این قابلیت را دارد که با استفاده از اطلاعات دیگران، راه‌حل‌های بهتری را برای مسئله پیدا کند. بر این اساس، زنبور کارگر می‌تواند یکی از اعمال زیر را انجام دهد:

الف منبع غذایی خود را رها کرده، در سالن اجتماعات به دنبال زنبوری که منبعی با کیفیت بیشتر در اختیار دارد، بگردد (خطوط با شماره ۳ در شکل پ-۱)،

ب بدون اینکه کسی را جذب کند، مجدداً به سراغ منبع (راه‌حل) خود برود (خطوط با شماره ۲ در شکل پ-۱)،

اصلاح شده؛ مجله سیستم‌های هوشمند در مهندسی برق، دوره ۲، شماره ۴، ۱۳۹۰، صص. ۱-۲۰.

- [22] [Online] Available: <http://www.irbourse.com/market/> (retrieved at Feb. 2012)
- [23] [Online]. Available: <http://www.irportfolio.com>
- [24] M. P. Reeser, Introduction to Public Utility Accounting, American Gas Association, 1984.
- [25] T. Coelli, D. Lawrence, Performance Measurement and Regulation of Network Utilities, Edward Elgar Pub, 2007.

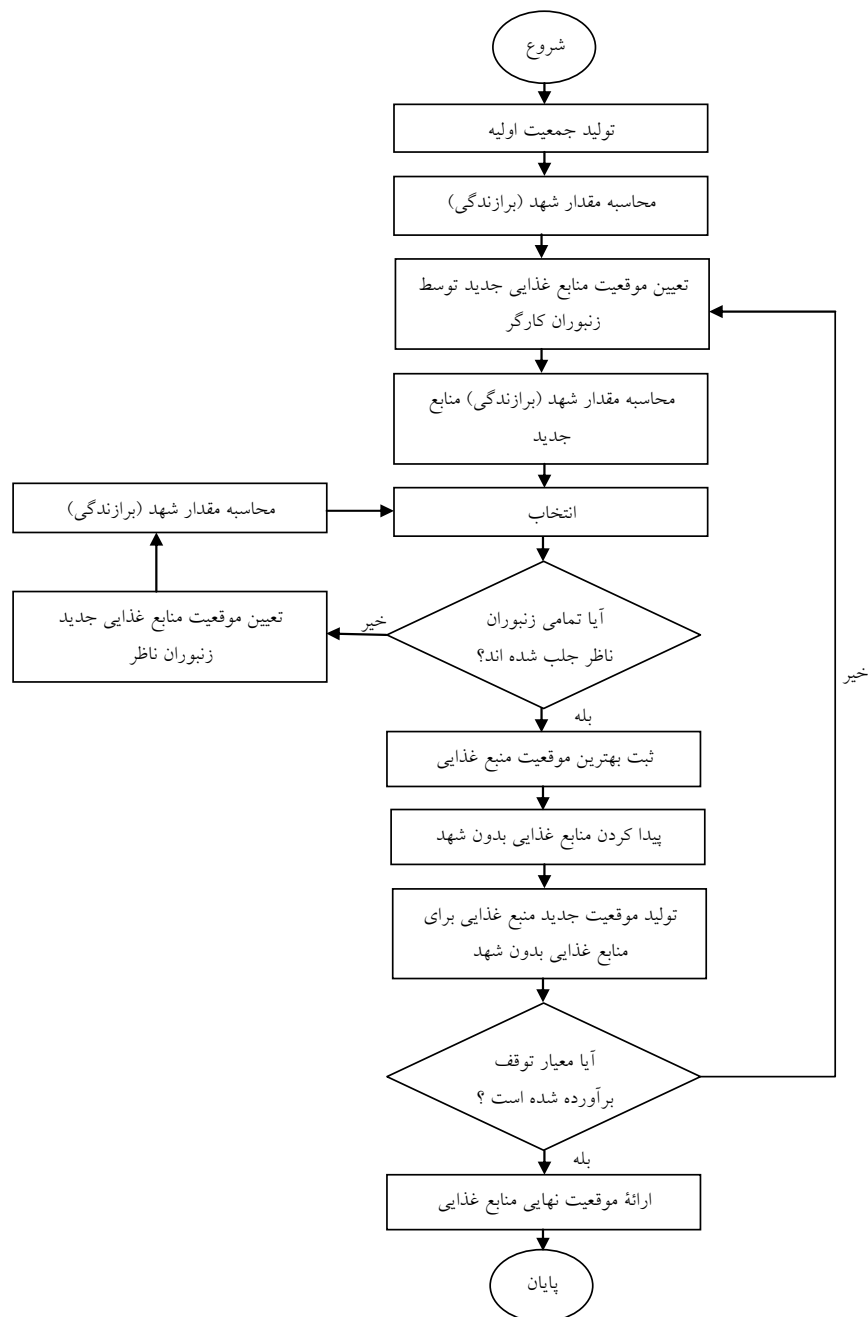
پیوست

پ-۱- الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عسل

الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عسل یک الگوریتم جستجو است که نخستین بار در سال ۲۰۰۵ با استفاده از شبیه‌سازی رفتار جستجوی غذای گروه‌های زنبور عسل ایجاد شده است [۲۰]. در الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عسل، جستجوی منابع غذایی با استفاده از سه دسته زنبور عسل با نام‌های زنبور کارگر، زنبور ناظر و زنبور دیده‌بان انجام می‌گیرد. این زنبورها از نظر ساختاری مشابه بوده، ولی هر یک اعمال متفاوتی را انجام می‌دهند.

در این الگوریتم، متغیرهای مسئله به عنوان موقعیت منبع غذایی در نظر گرفته می‌شود. مقدار شهد (نکته) منبع غذایی، نشان‌دهنده تابع احتمال و یا برازندگی راه‌حل‌هاست. هر منبع غذایی تنها توسط یک زنبور کارگر استخراج شده و به عبارتی، تعداد زنبورهای کارگر برابر تعداد منابع غذایی اطراف کندو است.

در نخستین قدم، جمعیت اولیه‌ای به صورت تصادفی ایجاد شده و میزان برازندگی جمعیت تولید شده بر اساس تابع ارزیابی محاسبه و ذخیره می‌شود. سپس، جمعیت منابع غذایی (راه‌حل‌ها) به فاز اصلی الگوریتم که جستجو توسط زنبوران کارگر، ناظر و دیده‌بان است، فرستاده می‌شود. سپس، هر یک از زنبورهای کارگر به سوی موقعیت غذایی (راه‌حل) مربوط به خود فرستاده می‌شود. در این هنگام، هر زنبور کارگر اصلاحاتی را بر روی موقعیت منبع غذایی



شکل (پ-۲): مراحل کلی الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عسل

اجتماعات عرضه می‌گردد، ارزیابی و با توجه به میزان احتمال آنها، مناسبترین موقعیت منبع غذایی را انتخاب می‌کنند. سپس، مقدار برازندگی منابع غذایی انتخاب شده توسط زنبوران ناظر، محاسبه می‌شود. در ادامه، زنبوران ناظر، مشابه قبل، یک منبع غذایی جدید در همسایگی منبع غذایی قبلی تولید و مقدار شهد آن را با

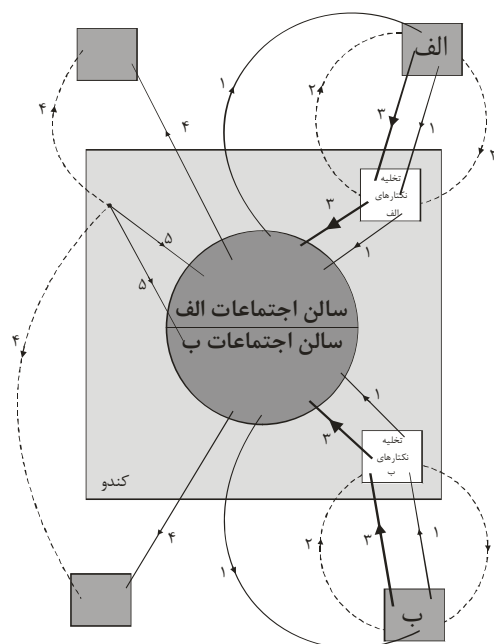
ج در سالن اجتماعات با انجام حرکاتی موزون سعی در جمع کردن زنبورهای دیگر به دور خود داشته باشد (خطوط با شماره ۱ در شکل پ-۱).

کسب اطلاعات جدید و تصمیم‌گیری در مورد منبع غذایی، توسط زنبوران ناظر انجام می‌شود. زنبوران ناظر اطلاعات مربوط به شهد منابع غذایی را که در سالن

دارایی های جاری شرکت است [۲۴].

دارایی جاری به وجوه نقد و سایر دارایی هایی که انتظار می رود در جریان عملیات جاری واحد، ظرف دوره مطالعه (معمولاً یک سال) تبدیل به وجه نقد گردند، فروخته شوند یا به مصرف رسند، گفته می شود. بدهی جاری به بدهی ای که موعد پرداختش کمتر از دوره مطالعه باشد و از محل دارایی های جاری قابل پرداخت باشد، گفته می شود. این نسبت متداول ترین وسیله برای اندازه گیری قدرت پرداخت بدهی های کوتاه مدت است، زیرا از طریق آن می توان پی برد دارایی هایی که در طول سال مالی به پول نقد تبدیل می گردند، چند برابر بدهی هایی است که در طول سال مالی سررسید آنها فراخواهد رسید [۲۵]. دارایی های جاری یک شرکت توزیع نمونه به ترتیب از فروش انرژی الکتریکی به مشترکین، فروش انرژی مازاد تولیدات پراکنده به بازار لحظه ای، هزینه دریافتی ناشی از فروش فیدرهای مستهلک شده و نیز هزینه حق انشعاب مشترکین جدید، تشکیل شده را محاسبه می نماید. مجموع بدهی های جاری شرکت توزیع شامل مواردی همچون هزینه خرید انرژی مشترکین از بازار عمده فروشی، مجموع هزینه تولید انرژی الکتریکی توسط مولدهای مقیاس کوچک، خرید ظرفیت رزرو، بدهی حقوق کارکنان و نیز هزینه جریمه ناشی از خاموشی ها می شود. کلیه این موارد به سادگی و در قالب روابط الکتریکی قابل محاسبه هستند.

ب) درصد بدهی ها به مجموع دارایی ها: این نسبت از تقسیم مجموع بدهی ها بر مجموع دارایی ها به دست می آید. مجموع بدهی ها از ترکیب بدهی های جاری و غیرجاری و دارایی ها نیز از ترکیب دارایی های جاری و غیرجاری محاسبه می گردند. دارایی های غیرجاری، دارایی هایی هستند که به طور معمول انتظار داریم در دوره مطالعه فعلی نه کاملاً مصرف گردند و نه به پول تبدیل شوند [۲۴]. بدهی های جاری یک شرکت توزیع از مجموع دیون بانکی، بدهی های ناشی از توسعه و بهره برداری شبکه و نیز بدهی های معوق از دوره مطالعه قبلی تشکیل شده است؛



شکل (پ-۱): نمایش رفتار زنبورهای کارگر

منبع قبلی مقایسه می کنند. پس از اصلاح موقعیت منابع غذایی انتخاب شده توسط زنبوران ناظر، زنبوران کارگر به موقعیت منابع غذایی جدید فرستاده می شوند. این روند تا رسیدن به معیار توقف برنامه ادامه پیدا می کند. در الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عسل، منابع غذایی که شهد آنها به وسیله زنبوران کارگر مصرف شده و یا خالی از نکتار باشد، با یک منبع غذایی جدید که به صورت تصادفی تعیین می گردد، جایگزین می شود (خطوط با شماره ۴ و ۵ در شکل (پ-۱)). این مرحله توسط زنبورهای دیده بان انجام می گیرد و فرض بر این است که اگر یک منبع غذایی نامناسب در تعداد تکرارهای مشخص شده اصلاح نشود، فاقد شهد است [۲۰-۲۱]. شکل (پ-۲) مراحل کلی الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عسل را نشان می دهد.

پ-۲- نسبت های مالی و محاسبه آنها برای یک

شرکت توزیع نمونه

الف) نسبت جاری: نسبت جاری از تقسیم دارایی های جاری بر بدهی های جاری به دست می آید. این نسبت نشان دهنده توانایی بازپرداخت بدهی های جاری از محل

(ج) **درصد سود ناویژه به درآمد:** این نسبت از تقسیم سود ناخالص بر درآمد کل سال به دست می‌آید. منظور از سود ناخالصی، اختلاف درآمد فروش از بهای تمام شده کالای فروش رفته است [۲۴].

(چ) **زیان عملیاتی به درآمد فروش:** این نسبت از تقسیم زیان عملیاتی بر درآمد فروش محاسبه می‌گردد. منظور از زیان عملیاتی مجموعه هزینه‌های زائندی است که برای ارائه خدمات مرتبط با اساسنامه متوجه شرکت می‌گردد [۲۵]. زیان عملیاتی یک شرکت توزیع از مجموع هزینه‌های تلفات، استهلاک، هزینه‌های خاموشی‌ها تشکیل شده است.

علائم و نشانه‌ها

مجموعه‌ها:

Ω^F مجموعه شرکت‌های مورد مطالعه؛

Ω^R مجموعه نسبت‌های مالی؛

توابع:

Fit تابع هدف مسأله پیش‌بینی درماندگی مالی؛

ζ_i تابع درماندگی مالی شرکت i ؛

ثابت‌ها:

x_{ij} نسبت مالی j ام شرکت i ؛

$\bar{z}$ مرز درماندگی مالی؛

نسبت‌های مالی:

x_{PRT} درصد سود به درآمد؛

x_{OPR} درصد سود عملیاتی به درآمد؛

x_{CUR} نسبت جاری؛

x_{QUR} نسبت آبی؛

x_{LIT} درصد بدهی‌ها به مجموع دارایی‌ها؛

x_{LET} بدهی جاری به کل بدهی؛

x_{FIT} گردش دارایی‌های ثابت؛

دارایی‌های غیرجاری شرکت توزیع از مجموع ارزش تجهیزات و ابنیه و نیز دارایی‌های جاری دوره قبل (مشروط به اینکه از شرکت خارج نشده باشد) تشکیل شده است.

(پ) **گردش موجودی کالا:** گردش موجودی کالا از

تقسیم متوسط حساب‌ها و اسناد دریافتنی حاصل از فروش موجودی کالا بر متوسط روزانه بهای خرید موجودی کالا حاصل می‌شود [۲۴]. به عبارت دیگر، متوسط پول حاصل از کالاها در هر روز بر متوسط هزینه‌ای که برای خرید مواد اولیه داده شده، تقسیم می‌گردد [۲۵]. بالا بودن گردش موجودی کالا به معنای نشان‌دهنده کارایی بالا در استفاده از موجودی کالا و به عبارتی مدیریت کالاست [۲۴]. گردش موجودی کالا در یک شرکت توزیع، به سادگی و با در نظر گرفتن هزینه‌های خرید و فروش انرژی الکتریکی محاسبه می‌شود.

(ت) **گردش مجموع دارایی‌ها:** این نسبت مطابق از

تقسیم درآمد فروش بر مجموع دارایی‌ها به دست می‌آید [۲۴]. نسبت فوق نشان می‌دهد که چگونه دارایی‌های یک شرکت به منظور ایجاد درآمد فروش به کار گرفته شده است. این نسبت مهمترین نسبت برای اندازه‌گیری کارایی یک شرکت است که نشان دهنده مجموع درآمدهای موسسه نسبت به کل منابع در اختیار شرکت است [۲۵].

(ث) **درصد بازده سرمایه:** این نسبت رابطه سرمایه در

گردش را با سود واحد تجاری نشان می‌دهد. برای این منظور لازم است تا سود دوره‌ای شرکت بر سرمایه آن تقسیم گردد. سود دوره‌ای شرکت از اختلاف درآمدها و هزینه‌ها در دوره مورد مطالعه محاسبه می‌گردد [۲۴]. از طرفی هر بخشی از دارایی‌ها که نسبت به آن بدهی وجود نداشته باشد، سرمایه شرکت به حساب می‌آید. افزایش نسبت مذکور دلالت بر کمبود سرمایه در گردش می‌کند. به منظور محاسبه سود دوره‌ای شرکت توزیع، هزینه‌های جاری از بدهی جاری و نیز کل تلفات شبکه کسر می‌شود. تلفات شبکه توزیع از مجموع تلفات بارداری و بی‌باری پست‌ها و نیز تلفات فیدرها تشکیل شده است.

x_{Tot} گردش مجموع دارایی ها؛ γ_i متغیر تصمیم گیری نشان دهنده ورشکسته بودن

شرکت i از نظرگاه مدل پیشنهادی (۱) یا عدم ورشکستگی
(۰)؛

متغیرها:

α_i ضریب نسبت مالی i ؛ φ_i متغیر تصمیم گیری نشان دهنده ورشکستگی (۱) و

یا عدم ورشکستگی (۰) شرکت i در واقعیت؛ β_i متغیر تصمیم گیری نشان دهنده صحت (۱) یا

عدم صحت (۰) تخمین انجام شده توسط مدل درماندگی با
واقعیت شرکت؛

زیر نویس ها

¹ Multiple Discriminant Analysis