تحقیقات مالی
Journal of Financial Research

دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۱۸، شمارهٔ ۲
تابستان ۱۳۹۵
صص. ۳۶۸- ۳۴۷

پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان

سعید فلاح‌پور[۱]، اصغر ارم[۲]

چکیده: پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها یکی از موضوعات مهمی است که به موفقیت و تداوم حیات شرکت‌ها کمک زیادی می‌کند. از جمله روش‌های هوشمندی که اخیراً در حل مسائل پیش‌بینی و دسته‌بندی نتایج مطلوبی را به‌همراه داشته، روش الگوریتم کلونی مورچگان است. پژوهش حاضر به مطالعهٔ پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان می‌پردازد. جامعهٔ آماری شامل شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران و نمونهٔ استفاده‌شده شامل ۱۷۴ شرکت درمانده و سالم بوده است. متغیرهای پیش‌بین براساس نسبت‌هایی انتخاب شدند که در نتایج تحقیقات قبلی به‌عنوان متغیرهای اصلی پیش‌بینی در مدل پیش‌بینی آنها ارائه شدند. مدل مقایسه‌ای استفاده‌شده در این پژوهش، مدل تحلیل ممیز چندگانه است. نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق بیانگر آن است که روش الگوریتم کلونی مورچگان در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها، به‌طور معناداری نسبت به روش تحلیل ممیز چندگانه عملکرد بهتری دارد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم کلونی مورچگان، پیش‌بینی درماندگی مالی، تحلیل تمایز چندگانه.

۱. استادیار گروه مالی، دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. کارشناس ارشد مدیریت بازرگانی- بیمه، دانشکدهٔ مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۰٤
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹٤/۰۵/۲۷
نویسندهٔ مسئول مقاله: اصغر ارم
E-mail: a,eram@ut.ac.ir

Arhive of SID
www.SID.ir

مقدمه

پیش‌بینی درماندگی مالی[1] و ورشکستگی شرکت‌ها موضوع مهمی است که توجه بسیاری از مجامع علمی و تجاری را در سدهٔ اخیر برانگیخته است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۱ ؛ تی‌سای، ۲۰۰۹). این پیش‌بینی ها اهمیت دارند چون با ارائهٔ علائم هشداردهنده و به‌موقع و در پی آن مقابلهٔ صحیح و منطقی با شرایط به‌وجودآمده، از مواجه‌شدن با خسارت‌های مادی و معنوی جلوگیری می‌کنند (چیانگ یه و همکاران، ۲۰۱۰؛ مرادی و همکاران، ۱۳۹۱)؛ اما تا چه میزان می‌توان احتمال بروز درماندگی مالی را پیش‌بینی کرد؟ پاسخ به این پرسش به‌واسطهٔ اهمیت آن برای مدیران و ذی‌نفعان شرکت‌ها، آنها را بر آن داشته که پیوسته در جست‌وجوی یافتن راه حلی بهینه در خصوص پیش‌بینی عملکرد شرکت‌ها باشند. این رویکرد خردگرا در فرایند تصمیم‌گیری در طول زمان، محققان امور مالی را واداشته تا طیف گسترده‌ای از روش‌ها را به‌منظور پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها به‌کار گیرند. در این میان، به‌کارگیری روش‌های نوین و با دقت زیاد در نیل به اهداف پیش‌بینی که دقت، صحت و به‌موقع‌بودن را شامل می‌شود، اهمیت روزافزونی یافته است. بدین‌ترتیب با خلق این روش‌های نوین نخست با ارائهٔ هشدارهای لازم می‌توان شرکت‌ها را نسبت به وقوع درماندگی مالی و ورشکستگی هشیار کرد تا آنها با توجه به این هشدارها، دست به اقدامات لازم بزنند و دوم اینکه سرمایه‌گذاران و اعتباردهندگان فرصت های مطلوب سرمایه‌گذاری را از فرصت‌های نامطلوب تمییز دهند و منابع خود را در فرصت‌هایی مناسب سرمایه‌گذاری کنند (راعی و فلاح‌پور، ۱۳۸۷؛ مرادی و همکاران، ۱۳۹۱).

تا به حال روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی و ارزیابی درماندگی مالی و ورشکستگی استفاده شده است. روش‌های آماری سنتی مانند تحلیل ممیز چندگانه، تحلیل لوجیت[2] و تحلیل پروبیت[3] توانستند پیش‌بینی‌های خوبی را دربارهٔ درماندگی مالی یا ورشکستگی شرکت‌ها ارائه دهند، اما مفروضات محدودکنندهٔ برخی از این مدل‌ها، مانند خطی‌بودن[4]، نرمال‌بودن[5] و مستقل‌بودن[6] متغیرهای پیش‌بین از هم، روی اثربخشی این روش مؤثر بود. بنابراین، به‌تدریج روش‌های دیگری مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی[7]، الگوریتم ژنتیک[8] و ماشین بردار پشتیبان[9] به‌منظور

1. Financial Distress
2. Logit Analysis
3. Probit Analysis
4. Linearity
5. Normality
6. Independence
7. Artificial Neural Network
8. Genetic Algorithm
9. Support Vector Machine

Archive of SID

www.SID.ir

مقابله با برخی یا همهٔ این محدودیت‌ها و بهبود عملکرد پیش‌بینی‌ها معرفی شد (فلاح‌پور، ۱۳۸۳).

اخیراً روش‌های جدید هوش مصنوعی نتایج امیدوارکننده‌ای را در یک سری از حوزه‌های طبقه‌بندی ارائه داد. از میان آنها، فنون الهام‌گرفته از طبیعت مانند الگوریتم‌های ژنتیک و یا به‌تازگی الگوریتم کلونی مورچگان[1] و یا سایر فنون هوش ازدحام، با تقلید از عملکردهای سازمان‌های زنده طبقه‌بندی‌هایی را فراهم ساختند. الگوریتم‌های ژنتیک نیز به‌طور موفقیت‌آمیزی در مسئلهٔ پیش‌بینی ورشکستگی به‌خصوص برای انتخاب مشخص‌ترین نسبت‌های مالی و یا با بهینه‌سازی پارامترهای طبقه‌بندی و استخراج قواعد آن استفاده شده است. بر خلاف انتظار، بررسی متون نشان می‌دهد کاربرد الگوریتم کلونی مورچگان برای پیش‌بینی ورشکستگی هنوز آزمایش نشده است (گولتسیس و همکاران، ۲۰۰۹).

بنابراین، هدف از تحقیق حاضر، ارائهٔ مدل جدیدی برای پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از روش الگوریتم کلونی مورچگان و مقایسهٔ آن با روش تحلیل ممیز چندگانه است تا بتوان به تصمیم‌گیری درست ذی‌نفعان سازمان شامل مؤسسه‌های مالی و اعتباری، سرمایه‌گذاران، سهامداران و غیره کمک کرد. در پژوهش حاضر، با توجه به اینکه تحلیل ممیز چندگانه در بین مدل‌های آماری از همه بیشتر استفاده شده و مشهورتر است و با عنایت به نتایج تحقیقات قبلی در ایران و سایر کشورها نشان می‌دهد دقت پیش‌بینی این مدل از نظر آماری زیاد است. بنابراین، از آن به‌عنوان مدل مقایسه‌ای استفاده شده است.

پیشینهٔ نظری پژوهش

تحلیل ممیز چندگانه[2]

از دههٔ ۱۹۶۰ تا کنون از نظر میزان استفاده از روش‌های گوناگون پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی، روش تحلیل ممیز چندگانه در رتبهٔ اول قرار دارد (بلوآری و همکاران، ۲۰۰۷).

تحلیل ممیز چندگانه نوعی فن آماری است که از آن برای دسته‌بندی مشاهدات به گروه‌های از پیش تعیین‌شده استفاده می‌شود. در تحلیل ممیز چندگانه، گروه‌های از پیش تعیین‌شده، متغیرهای وابسته را تشکیل می‌دهند. تحلیل ممیز چندگانه نوعی ترکیب خطی از ویژگی‌های مختلف را براساس تعاملات بین متغیرها و فرمول رگرسیون برقرار می‌سازد. بدین‌ترتیب یک شرکت را می‌توان به گروه درماندهٔ مالی یا سالم تخصیص داد (آلتمن، ۱۹۶۸). در واقع تحلیل

1. Ant Colony Algorithm
2. Multiple Discriminant Analysis

Arhive of SID

www.SID.ir

ممیز چندگانه براساس ویژگی‌های نسبت‌های مالی و غیرمالی از شرکت‌ها، آنها را به دو گروه درمانده و سالم تقسیم می‌کند (اعتمادی و همکاران، ۲۰۰۹).

روش تحلیل ممیز چندگانه کاربردهای متفاوتی دارد. اولین‌بار فیشر (۱۹۳۶) این روش را در زمینهٔ ویژگی‌های فیزیکی در انسان‌شناسی و زیست‌شناسی ارائه کرده است. این روش همچنین در زمینهٔ آزمون‌های روان‌شناختی و آموزشی کاربرد داشته است (تاتسوکا، ۱۹۷۱؛ تایدمن، ۱۹۵۴). تحلیل ممیز چندگانه همچنین در مطالعهٔ رفتار رأی‌دادن شهروندان (کلکا، ۱۹۷۵)، تقسیم‌بندی‌های سیاسی (کورنبرگ و فراشور، ۱۹۷۱؛ هیک و کلکا، ۱۹۷۳) و بررسی‌های قضایی در دادگاه (ایسنشتاین و جیکوب، ۱۹۷۷) کاربرد دارد. روان‌شناسان نیز از تحلیل ممیز چندگانه به‌خصوص در زمینه‌های آزمون‌های تحصیلی و شخصیتی، استفادهٔ فراوان کرده‌اند (معصومی، ۱۳۸۹).

تحلیل ممیز چندگانه در مباحث مالی و به‌خصوص در زمینهٔ پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی بارها استفاده شده است. آلتمن، در سال ۱۹۶۸ برای اولین‌بار اثر ترکیبات مختلف نسبت‌های مالی را برای پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها بررسی کرد. آلتمن در این مطالعه از تحلیل ممیز چندگانه استفاده کرد (آلتمن، ۱۹۶۸).

الگوریتم کلونی مورچگان[1]

در طول دههٔ گذشته، ادبیات شایان توجهی در زمینهٔ الگوریتم‌های الهام‌گرفتهٔ بیولوژیکی[2] پدید آمده است. این الگوریتم‌های قدرتمند برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی استفاده می‌شوند و کاربردهای روشنی برای استفاده در مدل‌سازی مالی و توسعهٔ سیستم‌های تجاری دارند. بازارهای مالی نشان‌دهندهٔ محیطی پیچیده و همیشه در حال تغییر است، محیطی که در آن سرمایه‌گذاران در حال رقابت برای کسب سود هستند. موجودات زیست‌محیطی به مدت طولانی در چنین محیط‌هایی زندگی کردند و برای به‌دست‌آوردن منابع لازم به‌منظور کسب حصول اطمینان از بقای خود رقابت کردند. این امری طبیعی است که فعالان بازارهای مالی برای حفظ بقا در جنگل‌های مالی به سمت الگوریتم‌هایی که از فرایندهای زیستی الهام گرفته شده‌اند روی بیاورند (برابازون و اونیل، ۲۰۰۶).

اولین الگوریتم مورچگان با عنوان الگوریتم سیستم مورچگان[3] در سال ۱۹۹۱ توسط مارکو دوریگو برای حل مسئلهٔ فروشندهٔ رهنورد در ابعاد کوچک (حداکثر ۷۵ شهر) پیشنهاد شد.

---

1. Ant Colony Algorithm
2. Biologically Inspired Algorithms
3. Ant System

Arhive of SID

www.SID.ir

الگوریتم سیستم مورچگان مجموعه‌ای از سه مدل چرخهٔ مورچگان[۱]، کمیت مورچگان[۲] و چگالی مورچگان[۳] است که این سه مدل در رسالهٔ دکتری دوریگو پیشنهاد شد. تفاوت این سه مدل در مدت زمان به‌روزآوری فرومون بود. هر بهبود اعمال‌شده روی این مجموعه از الگوریتم‌ها، به ارائهٔ الگوریتمی جدید با قابلیت‌های منجر بیشتر شده است. نکتهٔ شایان توجه این است که پایهٔ همهٔ الگوریتم‌های مطرح‌شده نظیر ACS، MMAS، ANT-Q وNet Ant، به‌نوعی الگوریتم سیستم مورچگان هستند و پژوهشگران همواره سعی کرده‌اند ضعف‌های الگوریتم پایه‌ای AS و یا الگوریتم های الهام‌گرفته از آن را با ارائهٔ الگوریتمی جدید بهبود بخشند (قادری، ۱۳۹۰). شایان یادآوری است که مجموع کلیهٔ الگوریتم‌هایی که از ایدهٔ مسیریابی مورچهٔ واقعی برای حل مسائل استفاده می‌کنند، نظیر الگوریتم‌های سیستم مورچگان، MMAS[۴]، ACS[۵]، ANT-Q و Ant Net به الگوریتم‌های بهینه‌یابی مورچگان[۶] معروف هستند که در تحقیق حاضر الگوریتم کلونی مورچگان نامیده می‌شود.

کلیات الگوریتم‌های مورچگان را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه و بیان کرد: مجموعه‌ای از مورچه‌ها هم‌زمان روی گراف مسئله از حالتی به حالت دیگر منتقل می‌شوند. مورچه برای حرکت بین حالات مختلف مسئله از رویه های احتمالی استفاده کرد که تابعی از میزان فرومون اطلاعات ابتکاری و محدودیت‌های مسئله است و هنگام حرکت روی یال‌های گراف، به‌تدریج جواب‌هایی را پیدا می‌کند. بعد از اینکه جوابی توسط مورچه‌ای ایجاد می‌شود و یا هنگام ایجاد جواب توسط مورچه، جواب ایجادشده ارزیابی می‌شود و متناسب با کیفیت جواب، مقداری فرومون روی یال‌های (یا گره‌های) عبوری ترشح می‌شود که این فرومون، مورچه‌های بعدی را برای جست‌وجو راهنمایی می‌کند.

در کنار فعالیت مورچگان، الگوریتم‌های کلونی مورچگان معمولاً دو رویهٔ دیگر نیز دارند؛ رویهٔ تبخیر فرومون[۷] و عملیات ناظر خبره[۸]. تبخیر فرومون رویه‌ای است برای کاهش میزان فرومون روی یال‌ها طی زمان و جلوگیری از همگرایی سریع الگوریتم به جواب‌های بهینهٔ محلی[۹]. در واقع این رویه، نوعی فراموشی بخشی از تجارب مورچه های قبلی، برای ایجاد امکان

1. Ant Cycle
2. Ant Quantity
3. Ant Density
4. Max-Min Ant system
5. Ant Colony System
6. Ant Colony Optimization
7. Pheromone Trail Evaporation
8. Daemon
9. Local Optima

Archive of SID

www.SID.ir

جست‌وجوی نواحی و نقاط جدید در فضای حل مسئله است. عملیات ناظر خبره نیز برای پیاده‌سازی عملیات هماهنگ و یکپارچه‌ای است که توسط تک‌تک مورچه‌ها انجام‌پذیر نیست. به‌طور مثال، از این عملیات می‌توان به استفاده از رویه‌های بهینه‌یابی محلی و یا تصمیم‌گیری دربارهٔ پخش نامتقارن فرومون روی برخی یال ها اشاره کرد که پیاده‌سازی این عملیات توسط تک‌تک مورچه‌ها و به‌صورت غیرمتمرکز امکان‌پذیر نیست، در حالی که به‌صورت هماهنگ و یکپارچه توسط چندین مورچه امکان‌پذیر است. به این نوع به‌روزآوری فرومون off-line گویند.

```
Procedure ACA Metaheuristic
    Schedule Activity
        Manage Ant Activity ()
        Evaporate Pheromone ()
        Daemon Action ()
                                {Optional}
    End Schedule Activity
End ACA Metaheuristic
```

شکل ۱. ساختار کلی الگوریتم کلونی مورچگان

منبع: سپهری و رحیمی مقدم (۱۳۸۶)

در شکل ۱ رفتار کلی الگوریتم کلونی مورچگان نشان داده شده است. مهم‌ترین رویه در این مجموعه الگوریتم ها زمان‌بندی فعالیت‌ها[1] است که وظیفهٔ آن زمان‌بندی سه جزء اصلی الگوریتم یعنی مدیریت فعالیت‌های مورچگان[2]، تبخیر فرومون و عملیات ناظر خبره است. مزیت بسیار مهم رویهٔ یادشده این است که محدودیتی روی چگونگی زمان‌بندی و هماهنگی بین سه جزء اصلی ندارد و بنابراین طرح الگوریتم برای مسئلهٔ خاص، آزادی عمل کاملی برای تعریف این اجزا و تعیین چگونگی هماهنگی و تراکنش بین اجزای یادشده دارد (سپهری و رحیمی مقدم، ۱۳۸۶).

از جمله مدل‌هایی که به‌منظور پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی ارائه شده‌اند عبارت‌اند از تحلیل نسبت یک متغیری[3]، تحلیل ممیز چندگانه[4]، تحلیل لوجیت و پروبیت[5]،

1. Schedule Activities
2. Manage Ant Activity
3. Univariate Ratio Analysis
4. Multiple Discriminant Analysis (MDA)
5. Logit & Probit Analysis

Archive of SID

www.SID.ir

الگوریتم افراز بازگشتی[1]، شبکه‌های عصبی مصنوعی[2]، ماشین بردار پشتیبان[3]، الگوریتم ژنتیک[4]، استدلال مبتنی بر مورد[5] و غیره. در ادامه به برخی از تحقیقات خارجی و داخلی اشاره می‌شود که در زمینهٔ پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی انجام شده است.

پیشینهٔ تجربی

ادوارد آلتمن اولین فردی است که برای پیش‌بینی ورشکستگی از تحلیل ممیز چندگانه استفاده کرد. مدل وی به Z- Score مشهور است. آلتمن از بین ۲۲ نسبت مالی، پنج نسبت را برای به‌کارگیری در این مدل انتخاب کرد که به‌منظور تشخیص شرکت‌های ورشکسته از غیر ورشکسته استفاده شد و کماکان به‌عنوان معیاری برای سلامت مالی شرکت‌ها استفاده می‌شود (فلاح‌پور، ۱۳۸۳؛ آلتمن، ۱۹۶۸).

آنندراجان و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها به‌وسیلهٔ الگوریتم ژنتیک و تحلیل ممیز چندگانه پرداختند. نتایج تحقیق افزایش صحت پیش‌بینی مدل الگوریتم ژنتیک در مقایسه با مدل تحلیل ممیزی چندگانه را نشان می‌دهد.

ژو و ونگ (۲۰۰۹) با واردساختن کارایی به‌عنوان یک متغیر مستقل در کنار نسبت‌های مالی، به پیش‌بینی درماندگی مالی به‌وسیلهٔ ماشین بردار پشتیبان، رگرسیون لجستیک و تحلیل ممیز چندگانه اقدام کردند. نتایج تحقیق نشان داده است استفاده از امتیاز کارایی در مدل‌های یادشده اساساً صحت پیش‌بینی‌ها را در مقایسه با زمانی افزایش خواهد داد که از کارایی استفاده نمی‌شود.

چن (۲۰۱۲) در تحقیقی با عنوان «توسعهٔ مدل‌های SFNN برای پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های ساختمانی»، روش جدیدی به‌منظور پیش‌بینی درماندگی مالی ارائه کرد. او مدل پیش‌بینی خود را از ترکیب سه روش بهینه‌سازی نقشهٔ ویژگی خودسازمان‌دهنده[6]، فازی[7] و شبکه‌های عصبی ترکیبی هایپر- رکتانگیولر[8] ارائه کرد. این مدل توانسته است با دقت ۸۵/۱ درصد درماندگی مالی شرکت‌ها را درست پیش‌بینی کند.

---

1. Recursive Partitioning Algorithm (RPA)
2. Artificial Neural Network
3. Support Vector Machine
4. Genetic Algorithm
5. Case Based Reasoning (CBR)
6. Self-organizing feature map optimization
7. Fuzzy
8. Hyper-rectangular composite Neural Networks

Archive of SID

www.SID.ir

گولتسیس و همکارانش (۲۰۰۹) در تحقیقی کاربرد سیستم‌های کلونی مورچگان[1] در پیش‌بینی مسئلهٔ ورشکستگی را بررسی کردند. محققان در این تحقیق، از سیستم‌های کلونی مورچگان برای استخراج قواعد دسته‌بندی برای پیش‌بینی ورشکستگی استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد عملکرد زیاد سیستم های کلونی مورچگان که بیشتر به‌واسطهٔ توانایی‌اش برای استخراج دسته‌بندی پشتیبانی می‌شود، به‌منظور تفسیر نتایج پیش‌بینی پیشنهاد شد.

وانگ و همکاران (۲۰۰۹) نیز در مقاله‌ای با عنوان «کاربرد الگوریتم کلونی مورچگان در پیش‌بینی ورشکستگی»، رویکردی نو برای استخراج قواعد پیشنهاد کرده‌اند. آنها با آزمایش بر روی ۲۰۰ شرکت نشان دادند الگوریتم کلونی مورچگان برای پیش‌بینی ورشکستگی پیشنهادی مؤثر و دقیق است.

تا به حال در ایران تحقیقی دربارهٔ استفاده از روش الگوریتم کلونی مورچگان در پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی صورت نگرفته است، اما پژوهش‌هایی روی سایر مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی و درماندگی مالی انجام شده است که در ادامه به چند مورد از آنها اشاره می‌شود.

یاری‌فرد (۱۳۸۲) مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران شامل مدل‌های فولمر، اسپرینگت و زیمجوسکی را بررسی کرد. نتایج تحقیق وی نشان داد برای یک سال قبل از ورشکستگی مدل فولمر با اطمینان ۹۰ درصد، مدل اسپرینگت با اطمینان ۷۶ درصد و مدل زمیجوسکی با اطمینان ۷۱ درصد شرکت‌های ورشکسته را درست پیش‌بینی کردند.

راعی و فلاح‌پور (۱۳۸۳) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی[2]، درماندگی مالی شرکت‌های تولیدی را پیش‌بینی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان می‌داد مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی درماندگی مالی، به‌طور معناداری نسبت به مدل تحلیل ممیز چندگانه دقت پیش‌بینی بیشتری دارد. این محققان همچنین در سال ۱۳۸۷ در مقاله‌ای با عنوان «کاربرد ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از نسبت‌های مالی»، مدل ماشین بردار پشتیبان را با مدل آماری رگرسیون لجستیک مقایسه کردند. نتایج نشان می‌داد مدل ماشین بردار پشتیبان نسبت به مدل رگرسیون لجستیک دقت کلی بیشتری دارد.

امینی (۱۳۸۵) در تحقیقی برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها از مدل فولمر استفاده کرد. یافته‌های تحقیق وی نشان داد مدل فولمر با ۷۵ درصد اطمینان یک سال قبل از ورشکستگی و

1. Ant Colony Systems
2. Artificial Neural Networks

Arnive of SID

www.SID.ir

با ۶۸ درصد اطمینان دو سال قبل از ورشکستگی توانسته وضعیت ورشکستگی شرکت‌ها را درست پیش‌بینی کند.

موسوی شیری و طبرستانی (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان «پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها» مدلی با ۴ نسبت مالی شامل دارایی‌های آنی به کل دارایی‌ها، سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها، سود خالص به کل دارایی‌ها و سود ناویژه به فروش برای پیش‌بینی ارائه دادند. نتایج نشان می‌داد الگوی ارائه‌شده با روش تحلیل پوششی داده‌ها قابلیت پیش‌بینی وقوع درماندگی مالی در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران را تا دو سال قبل از وقوع آن دارد.

رستمی و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای درماندگی مالی شرکت های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران به مقایسهٔ دو روش تحلیل پوششی داده‌ها و رگرسیون لجستیک را ارزیابی کردند. آنها در تحقیق خود با استفاده از پنج نسبت مالی شامل سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها، دارایی‌های جاری به بدهی‌های جاری، کل بدهی به حقوق صاحبان سهام، سود قبل از بهره و مالیات به کل دارایی‌ها، سود قبل از بهره و مالیات به فروش درماندگی مالی را پیش‌بینی کردند. یافته‌های تحقیق نشان می‌داد دقت کلی ارزیابی الگوی رگرسیون لجستیک با سطح اطمینان ۹۵ درصد، از دقت کلی ارزیابی الگوی توسعهٔ پوششی داده‌ها بیشتر است.

موسوی شیری و طبرستانی (۱۳۹۱) در تحقیقی از الگوی مبتنی بر تحلیل تشخیصی به‌عنوان الگویی مؤثر در پیش‌بینی درماندگی مالی استفاده کردند و توانایی متغیر کارایی در بهبود پیش‌بینی را مورد توجه قرار دادند. نتایج بیان‌کنندهٔ توانایی این الگو در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت ها در دو سال قبل از وقوع درماندگی است. همچنین نتایج نشان داد این توانایی در نمونه‌های آموزشی بیش از نمونه‌های آزمایشی است، سپس الگوی مبتنی بر تحلیل تشخیص بر اساس متغیرهای نسبت‌های مالی و کارایی طراحی شد.

روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر به‌دنبال بررسی کاربرد و عملکرد الگوریتم کلونی مورچگان در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت هاست. سؤال اصلی پژوهش این است که «آیا الگوریتم کلونی مورچگان عملکرد زیادی در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها دارد؟»

بدین‌ترتیب فرضیهٔ اصلی تحقیق به‌صورت زیر تبیین شده است:

H_0: دقت کلی پیش‌بینی مدل الگوریتم کلونی مورچگان در پیش‌بینی درماندگی مالی از مدل تحلیل ممیز چندگانه بیشتر نیست.

Archive of SID

www.SID.ir

H_1: دقت کلی پیش‌بینی مدل الگوریتم کلونی مورچگان در پیش‌بینی درماندگی مالی از مدل تحلیل ممیز چندگانه بیشتر است.

به‌منظور آزمون فرضیه، فرضیهٔ اصلی تحقیق به چهار فرضیهٔ آماری برای سال‌های t، t-۱، t-۲ و t-۳ تبدیل شده است. سال‌های t، t-۱، t-۲ و t-۳ برای شرکت‌های درماندهٔ مالی، به‌ترتیب سال‌هایی هستند که شرکت مشمول مادهٔ ۱۴۱ قانون تجارت شده و مبنای گردآوری اطلاعات برای شرکت‌های سالم است.

جامعهٔ آماری پژوهش حاضر از کلیهٔ شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران تشکیل شده است. به‌منظور انتخاب نمونهٔ آماری شرکت‌هایی که بین سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۰ دچار درماندگی مالی شده‌اند ۱۷۴ شرکت با روش نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب شدند. ملاک تعیین شرکت‌های درماندهٔ مالی در این تحقیق مشمول مادهٔ ۱۴۱ قانون تجارت بودن است که این ماده بیان می‌دارد: «اگر بر اثر زیان‌های واردشده، حداقل نصف سرمایهٔ شرکت از میان برود، هیئت‌مدیره مکلف است بلافاصله طی مجمع عمومی فوق‌العادهٔ صاحبان سهام را دعوت کند تا موضوع انحلال یا بقای شرکت مورد شور و رأی واقع شود». بنابراین، شرکت‌هایی که نسبت سود (زیان) انباشته به سرمایهٔ آنها از ۰/۵ – کمتر بود در آن سال درماندهٔ مالی تلقی شده‌اند. درمجموع، حدود ۴۸۸ شرکت برای انتخاب موجود بودند که نمونه‌ها به‌ترتیب بر اساس چهار شرط زیر انتخاب شدند:

۱. ۱. دربرگیرندهٔ شرکت‌های تولیدی باشند.
۲. اطلاعات مالی آنها در دورهٔ بررسی‌شده در دسترس باشند.
۳. سال مالی شرکت منتهی به پایان اسفندماه هر سال باشد.
۴. از نظر اندازه (جمع کل دارایی‌ها) با گروه اول مطابقت داشته باشد.

داده‌های مورد نیاز شرکت‌ها از طریق مطالعهٔ گزارش‌های ماهانه و سالانهٔ شرکت‌ها، جست وجو در سایت‌های مرتبط و نرم‌افزار ره‌آورد نوین ۵ جمع‌آوری شدند. در بخش پیشینهٔ تحقیق و مبانی نظری تحقیق، جمع‌آوری اطلاعات از منابع دست دوم و به‌صورت کتابخانه‌ای، تارنماها و مجلات علمی معتبر صورت پذیرفت. به‌علاوه، از نرم‌افزار متلب[1] برای طراحی الگو و از نرم‌افزار SPSS به‌منظور تحلیل داده‌ها استفاده شده است.

در این تحقیق برای پیداکردن نسبت‌های مالی مؤثر در پیش‌بینی ورشکستگی، ابتدا ادبیات مربوط به نسبت‌های مالی در پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی به‌صورت جامع بررسی شد. با بررسی‌های انجام‌شده، شش نسبت مالی شناسایی شد که در بیشتر مطالعات در مدل نهایی

1. MATLAB

Arhive of SID

www.SID.ir

پیش‌بینی استفاده شدند. این نسبت‌ها در واقع نتیجهٔ بررسی نسبت‌های مالی بیشتری بوده است که در نهایت در مدل پیش‌بینی درماندگی مالی به‌عنوان متغیرهای اصلی تحقیق توسط محققان پیشنهاد شدند و به‌نظر می‌رسد بیشترین ارتباط را با پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها داشتند که در تحقیق حاضر از آنها استفاده می‌شود. این شش نسبت مالی عبارت‌اند از:

۱. نسبت سود قبل از هزینهٔ مالی و مالیات به کل فروش با نماد: EBITTS
۲. نسبت سود قبل از هزینهٔ مالی و مالیات به کل دارایی با نماد: EBITTA
۳. نسبت سود ناویژه به فروش با نماد: OPS
۴. نسبت سود انباشته به کل دارایی‌ها با نماد: RETA
۵. نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها با نماد: TDTA
۶. نسبت کل حقوق صاحبان سهام به کل بدهی با نماد: TETD

پس از محاسبهٔ این نسبت‌ها برای هر سال از آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها برای نمونه‌های مستقل استفاده شده است تا نسبت‌هایی که تفاوت معناداری میان دو گروه درماندهٔ مالی و غیردرماندهٔ مالی دارند، برای محاسبهٔ در مدل‌های پیش‌بینی در نظر گرفته شوند.

آزمون برابری میانگین‌ها نشان داد بین میانگین همهٔ متغیرهای دو گروه در سال‌های t، t-۱، t-۲ و t-۳، در سطح ۵ درصد تفاوت معناداری وجود دارد. جدول ۱ نتایج آزمون برابری میانگین‌ها را برای متغیرهای استفاده‌شده نشان می‌دهد.

همان طور که نتایج آزمون برابری میانگین‌ها در جدول ۱ نشان می‌دهد، می‌توان گفت میانگین همهٔ متغیرها در دو گروه متفاوت‌اند.

جدول ۱. نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها دربارهٔ متغیرهای استفاده‌شده

نام متغیر	آمارهٔ t				P-Value			
	t	t-۱	t-۲	t-۳	t	t-۱	t-۲	t-۳
OPS	-۶/۲۵۹	-۳/۶۹۳	-۳/۱۷۶	-۵/۴۶۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰
EBITTS	-۴/۳۳۶	-۲/۹۴۸	-۲/۴۷۴	-۳/۷۶۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰
EBITTA	-۱۲/۴۰۱	-۸/۹	-۶/۹۸۹	-۵/۹۷۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
RETA	-۱۴/۰۶۷	-۱۰/۲۴۸	-۴/۷۱۳	-۲/۳۰۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۲
TDTA	۱۴/۵۷۵	۹/۹۵۸	۵/۲۳۴	۳/۵۲۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
TETD	-۸/۵۸۲	-۶/۷۴۵	-۴/۳۸	-۳/۳۵۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

الگوریتم پیشنهادی تحقیق

در تحقیق حاضر به‌منظور بهبود دقت پیش‌بینی، الگوریتم کلونی مورچگان را با دو عملگر در الگوریتم ژنتیک یعنی جهش[1] و تقاطع[2] ترکیب کردیم. در الگوریتم به‌کاررفته در این تحقیق، مورچه‌ها پس از حرکت، به‌صورت تصادفی کوتاه‌ترین مسیر را در میان پارامترهای مالی (نسبت‌های مالی) به سمت درماندگی مالی پیدا می‌کنند. مسیر نهایی انتخاب‌شده به‌عنوان معیار دسته‌بندی شرکت‌ها به درمانده و سالم خواهد بود که به‌صورت رابطهٔ ۱ است:

$$R = \{ CX_1, CX_2, CX_3, CX_4, CX_5, CX_6 \}$$ رابطهٔ ۱)

که CX_n بیان‌کنندهٔ مقدار ارزش نسبت مالی nام است که برای تابع تناسب[3] ماکسیمم‌شده است. بنابراین، شرکتی که ارزش‌های کوچک‌تر و یا مساوی R داشته باشد به‌عنوان شرکت درمانده و شرکتی که دارای ارزش بزرگ‌تر از R باشد به‌عنوان شرکت سالم پیش‌بینی می‌شود.

در تحقیق حاضر هر شرکت به‌وسیلهٔ یک بردار از نسبت‌های مالی خود تعریف می‌شود و دربرگیرندهٔ $C_1, \dots, C_n$ است که n بیان‌کنندهٔ تعداد نسبت‌های مالی استفاده‌شده در مدل دسته‌بندی است. در این تحقیق n برابر با ۶ است.

به‌منظور استفاده از یک الگوریتم ترکیبی برای حل مسئله دسته‌بندی و پیش‌بینی، از یک استراتژی تکرارشونده استفاده شده است. ابتدا، مورچگان میان شبکه‌ای از N نقطه که بیان کنندهٔ N نسبت مالی است حرکت می‌کنند، کمانی که هر دو نقطه (i,j) را به هم متصل می‌کند باید نشان دهد آیا این ترکیب از نسبت‌ها، ترکیب مطلوبی است یا خیر؟ که این کار را می‌توان از طریق معرفی ماتریس $\lfloor \tau_{ij} \rfloor_{N \times N}$ انجام داد که بیان‌کنندهٔ میزان فرومون ذخیره‌شده در مسیر ij است.

در صورتی که P'_a تابع تکمیل‌نشده مورچه a باشد به‌گونه‌ای که $|P'_a| < k$ باشد و اگر i نسبت مالی باشد که تا کنون توسط مورچهٔ a انتخاب شده است و j نسبت مالی باشد که تا کنون توسط مورچهٔ a انتخاب نشده است، احتمال انتخاب نسبت مالی j توسط مورچهٔ a براساس رابطهٔ ۲ است:

$$P_{aj} = \begin{cases} \dfrac{\sum_{i \in P'_a} [\tau_{ij}]^{\alpha}}{\sum_{i \in P'_a} \sum_{h \notin P'_a} [\tau_{ih}]^{\alpha}} & \forall j \notin P_a \\ 0 & \forall j \in P_a \end{cases}$$ رابطهٔ ۲)

1. Mutation
2. Crossover
3. Fitness Function

Archive of SID

www.SID.ir

هنگامی که مورچهٔ a نسبت مالی خود را انتخاب کرد، مرحلهٔ بعد شروع می‌شود. در این مرحله، باید میزان فرومون انباشته‌شده در هر مسیر بازنگری شود که بازنگری میزان فرومون انباشته به‌صورت زیر انجام می‌شود:

به موازات گذشت زمان مقداری فرومون موجود روی هر مسیر باید تبخیر شود و تنها قسمتی از آن باقی بماند. میزان فرومون باقی‌مانده از تکرارهای قبل در هر مسیر برابر است با $\rho.\tau_{ij}$ به‌گونه‌ای که در آن $\rho \in [0,1]$ است.

بعد از اتمام هر تکرار مقداری فرومون جدید روی مسیرهای انتخاب‌شده توسط هر مورچه ریخته می‌شود. در صورتی که مورچهٔ a میزان فرومون ثابت Q را روی مسیری با ارزش V_a انباشته کند، تغییر در میزان فرومون هر مسیر ij برابر است با: $\Delta\tau_{ij} = \frac{Q}{V_a}$.

این معادله نشان می‌دهد مورچه‌ای که زودتر به پایان مسیر یعنی درماندگی رسیده، میزان بیشتری فرومون روی مسیر انباشته می‌کند.

بر این اساس میزان تغییر در فرومون به‌صورت رابطهٔ ۳ درمی‌آید:

رابطهٔ ۳)
$$\Delta_a\tau_{ij} = \begin{cases} \frac{Q}{V_a} \ \forall i,j \in P_a, i \neq j \\ 0 \ \forall i,j \notin P_a \end{cases}$$

با ترکیب گام‌های یادشده، ماتریس فرومون‌ها باید به‌صورت رابطهٔ ۴ بازنگری شود:

رابطهٔ ۴)
$$\tau_{ij} = \rho.\tau_{ij} + \sum_{a=1}^{ants} \Delta_a\tau_{ij}$$

$ants$: تعداد مورچه (شرکت) در الگوریتم

لازم به توضیح است که در معادلهٔ ۴ جزء اول $(\rho.\tau_{ij})$، میزان فرومون باقی‌مانده روی مسیر ij از تکرارهای قبل است و جزء دوم $(\sum_{a=1}^{ants} \Delta_a\tau_{ij})$ تغییر در میزان فرومون مسیر ij را به‌دلیل حرکت مورچه‌های مختلف از این مسیر در تکرار فعلی را نشان می‌دهد.

هر چه تعداد مورچه‌های بیشتری یک مسیر خاص را انتخاب کنند، احتمال بیشتری دارد که این مسیر در تکرارهای بعد توسط همین مورچه و یا سایر مورچه‌ها انتخاب شود. با توجه به این امر، هر مورچه از تجارب خود و سایر مورچه‌ها در تکرارهای قبل برای انتخاب یک مسیر خاص که معرفی یک نسبت مالی است استفاده می‌کند (میزان فرومون انباشته‌شده روی یک مسیر نشان‌دهندهٔ این تجربه است) و به سمت نسبت‌هایی سوق پیدا می‌کند که تجارب قبلی آنها را نسبت‌های موفقی نشان داده است.

Arhive of SID

www.SID.ir

یافته‌های پژوهش

در این قسمت یافته‌های تحقیق و تجزیه و تحلیل آنها ارائه می‌شود. جدول ۲ نتـایج پـیش‌بینـی چهار نمونهٔ فرعی مدل الگوریتم کلونی مورچگان را به‌همراه مدل تحلیـل ممیـز چندگانـه بـرای سال t نشان می‌دهد.

جدول ۲. نتایج پیش‌بینی برای سال t

	MDA				ACA			
	Sub_1	Sub_2	Sub_3	Sub_4	Sub_1	Sub_2	Sub_3	Sub_4
Failed	۶۲	۶۳	۶۴	۶۴	۶۴	۶۵	۶۴	۶۵
	٪۹۵/۴	٪۹۶/۹	٪۹۸/۵	٪۹۸/۵	٪۹۸/۵	٪۱۰۰	٪۹۸/۵	٪۱۰۰
Healthy	۶۲	۶۰	۶۰	۶۰	۶۳	۶۲	۶۱	۶۲
	٪۹۵/۴	٪۹۲/۳	٪۹۲/۳	٪۹۲/۳	٪۹۶/۹	٪۹۵/۴	٪۹۳/۸	٪۹۵/۴
Total	۱۲۶	۱۲۳	۱۲۴	۱۲۴	۱۲۷	۱۲۷	۱۲۵	۱۲۷
	٪۹۵/۴	٪۹۴/۶	٪۹۵/۴	٪۹۵/۴	٪۹۷/۷	٪۹۷/۷	٪۹۶/۱	٪۹۷/۷
Failed	۲۱	۲۲	۲۱	۲۱	۲۲	۲۲	۲۱	۲۱
	٪۹۵/۴	٪۱۰۰	٪۹۵/۴	٪۹۵/۴	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۹۵/۴	٪۹۵/۴
Healthy	۱۹	۱۹	۲۲	۲۰	۲۰	۱۹	۲۲	۲۱
	٪۸۶/۳	٪۸۶/۳	٪۱۰۰	٪۹۰/۹	٪۹۰/۹	٪۸۶/۳	٪۱۰۰	٪۹۵/۴
Total	۴۰	۴۱	۴۳	۴۱	۴۲	۴۱	۴۳	۴۲
	٪۹۰/۹	٪۹۳/۱	٪۹۷/۹	٪۹۳/۱	٪۹۵/۴	٪۹۳/۱	٪۹۷/۷	٪۹۵/۴
Failed	۸۳	۸۵	۸۵	۸۵	۸۶	۸۷	۸۵	۸۶
	٪۹۵/۴	٪۹۷/۷	٪۹۷/۷	٪۹۷/۷	٪۹۸/۸	٪۱۰۰	٪۹۸/۸	٪۹۸/۸
Healthy	۸۱	۷۹	۸۲	۸۰	۸۳	۸۱	۸۳	۸۳
	٪۹۳/۱	٪۹۰/۸	٪۹۴/۲	٪۹۱/۹	٪۹۵/۴	٪۹۳/۱	٪۹۵/۴	٪۹۵/۴
Total	۱۶۴	۱۶۴	۱۶۷	۱۶۵	۱۶۹	۱۶۸	۱۶۸	۱۶۹
	٪۹۴/۲	٪۹۴/۲	٪۹۵/۹	٪۹۴/۸	٪۹۷/۱	٪۹۶/۵	٪۹۶/۵	٪۹۷/۱

همان طور که در قسمت مجموع ملاحظه می‌شود، دقت پـیش‌بینـی مـدل الگـوریتم کلـونی مورچگان برای شرکت‌های سالم و درماندهٔ مالی در هر چهار نمونه فرعی بیشتر از دقت پیش‌بینی مدل تحلیل ممیز چندگانه است. این نتایج نشان می‌دهد در کل دقت پیش‌بینی الگوریتم کلـونی مورچگان از تحلیل ممیز چندگانه بیشتر است. تفاوت پیش‌بینی دو مدل در نمونهٔ فرعی (۱) نمونهٔ فرعی (۲) نمونهٔ فرعی (۳) نمونهٔ فرعی (۴) به‌ترتیب برابر با ۹/۲، ۲/۳، ۰/۶ و ۲/۳ درصد است.

Arhive of SID

www.SID.ir

جدول ۳ نتایج آزمون مقایسهٔ زوجی روی میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش‌های الگوریتم کلونی مورچگان و تحلیل تمایز چندگانه را برای نمونه‌های فرعی در سال t نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج آزمون مقایسهٔ زوجی برای سال t

مدل / آماره	MDA	ACA
میانگین	۰/۹۴۷۷۵	۰/۹۶۸۰۰
آمارهٔ t	۴/۰۸۶	
P-Value	۰/۰۲۶	

همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش الگوریتم کلونی مورچگان ۲/۰۲۵ درصد بیشتر از میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش تحلیل تمایز چندگانه است. با توجه به مقدار P که از سطح معناداری ۵ درصد کوچک‌تر است، فرض صفر برابربودن میانگین دو گروه به لحاظ آماری رد می‌شود. به‌بیان دیگر، تفاوت میانگین دو گروه در سطح ۵ درصد معنادار است. بنابراین، فرض H_1 تأیید می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که در سال t دقت پیش‌بینی الگوریتم کلونی مورچگان از تحلیل ممیز چندگانه بیشتر است.

جدول ۴ نتایج پیش‌بینی چهار نمونهٔ فرعی مدل الگوریتم کلونی مورچگان را به همراه مدل تحلیل ممیز چندگانه برای سال t−۱ نشان می‌دهد.

جدول ٤. نتایج پیش‌بینی برای سال t−۱

	MDA				ACA			
	Sub_1	Sub_2	Sub_3	Sub_4	Sub_1	Sub_2	Sub_3	Sub_4
Failed	۸۰	۷۹	۷۸	۸۰	۷۹	۷۹	۷۶	۷۸
	٪۹۱/۹	٪۹۰/۸	٪۸۹/۶	٪۹۱/۹	٪۹۰/۸	٪۹۰/۸	٪۸۷/۳	٪۸۹/۶
Healthy	۸۰	۷۹	۷۵	۷۳	۸۰	۷۸	۷۹	۸۰
	٪۹۱/۹	٪۹۰/۸	٪۸۶/۲	٪۸۳/۹	٪۹۱/۹	٪۸۹/۶	٪۹۰/۸	٪۹۱/۹
Total	۱۶۰	۱۵۸	۱۵۳	۱۵۳	۱۵۹	۱۵۷	۱۵۵	۱۵۸
	٪۹۱/۹	٪۹۰/۸	٪۸۷/۹	٪۸۷/۹	٪۹۱/۴	٪۹۰/۲	٪۸۹/۱	٪۹۰/۸

دربارهٔ شرکت‌های درماندهٔ مالی به‌جز نمونهٔ فرعی (۲) که دقت هر دو روش برابر است، در سه نمونهٔ فرعی دیگر دقت پیش‌بینی روش تحلیل ممیز چندگانه بهتر از روش الگوریتم کلونی مورچگان است. دربارهٔ شرکت‌های سالم نیز به‌جز نمونهٔ فرعی (۱) که دقت هر دو روش برابر

Archive of SID

www.SID.ir

است، در نمونهٔ فرعی (۲) دقت کلی پیش‌بینی روش تحلیل ممیز چندگانه بیشتر از روش الگوریتم کلونی مورچگان است، همچنین در نمونه‌های فرعی (۳) و (۴)، دقت کلی پیش‌بینی روش الگوریتم کلونی مورچگان بیشتر از روش تحلیل ممیز چندگانه است. در مجموع، برای سال t−۱ در نمونه‌های فرعی (۱) و (۲)، دقت کلی پیش‌بینی تحلیل ممیز چندگانه بیشتر از روش الگوریتم کلونی مورچگان ولی در نمونه‌های فرعی (۳) و (۴) روش الگوریتم کلونی مورچگان دقت کلی پیش‌بینی بیشتری نسبت به تحلیل ممیز چندگانه دارد. تفاوت دقت پیش‌بینی در کل برای نمونه‌های فرعی ۱ تا ۴ به‌ترتیب برابر است با ۰/۵−، ۰/۶−، ۱/۲ و ۲/۹ درصد.

جدول ۵ نتایج آزمون مقایسهٔ زوجی روی میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش‌های الگوریتم کلونی مورچگان و تحلیل تمایز چندگانه را برای نمونه‌های فرعی در سال t−۱ نشان می‌دهد.

جدول ۵. نتایج آزمون مقایسهٔ زوجی برای سال t−۱

مدل / آماره	MDA	ACA
میانگین	۰/۸۹۶۲۵	۰/۹۰۳۷۵
آمارهٔ t	۰/۹۰۷	
P-Value	۰/۴۳۱	

همان طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش الگوریتم کلونی مورچگان ۰/۷۵ درصد بیشتر از میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش تحلیل تمایز چندگانه است. چنان که از این جدول مشخص است، در سال t−۱ نمی‌توان فرض برتری میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش الگوریتم کلونی مورچگان در مقایسه با روش تحلیل ممیز چندگانه را تأیید کرد و فرض .H تأیید می‌شود. در این سال مقدار P برابر ۰/۴۳۱ و بزرگ‌تر از سطح معناداری ۵ درصد است. بنابراین، به‌رغم برتری میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش الگوریتم کلونی مورچگان، به لحاظ آماری معنادار نیست و فرضیهٔ دوم تحقیق تأیید نمی‌شود.

جدول ۶ نتایج پیش‌بینی چهار نمونهٔ فرعی مدل الگوریتم کلونی مورچگان را به‌همراه مدل تحلیل ممیز چندگانه برای سال t−۲ نشان می‌دهد.

چنان که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، دربارهٔ شرکت‌های درماندهٔ مالی در همهٔ نمونه‌های فرعی الگوریتم کلونی مورچگان دقت پیش‌بینی بیشتری از تحلیل ممیز چندگانه دارد. همچنین دربارهٔ شرکت‌های سالم در نمونه‌های فرعی (۲) و (۳)، روش الگوریتم کلونی مورچگان دقت پیش‌بینی کمتری از تحلیل ممیز چندگانه دارد در حالی که در نمونه‌های فرعی (۱)، دقت

Archive of SID

www.SID.ir

الگوریتم کلونی مورچگان بیشتر و در نمونهٔ فرعی (۴) دقت آنها برابر است. نتایج نشان می‌دهد در کل دقت پیش‌بینی الگوریتم کلونی مورچگان از تحلیل ممیز چندگانه بیشتر است. تفاوت دقت پیش‌بینی این دو روش برای نمونه‌های فرعی ۱ تا ۴ به‌ترتیب برابر ۵/۲، ۲/۳، ۳ و ۲/۳ درصد است.

جدول ٦. نتایج پیش‌بینی برای سال t-۲

	MDA				ACA			
	Sub_1	Sub_2	Sub_3	Sub_4	Sub_1	Sub_2	Sub_3	Sub_4
Failed	۶۸	۶۷	۶۹	۶۹	۷۲	۷۸	۷۵	۷۱
	٪۸۷/۱	٪۷۷	٪۷۹/۳	٪۷۴/۷	٪۸۲/۷	٪۸۹/۶	٪۸۶/۲	٪۸۱/۶
Healthy	۶۱	۶۷	۶۲	۷۰	۶۶	۶۰	۶۱	۷۲
	٪۷۰/۱	٪۷۷	٪۷۱/۲	٪۸۲/۷	٪۷۵/۸	٪۸۶/۹	٪۷۰/۱	٪۸۲/۷
Total	۱۲۹	۱۳۴	۱۳۱	۱۳۹	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۶	۱۴۳
	٪۷۴/۱	٪۷۷	٪۷۵/۲	٪۷۹/۹	٪۷۹/۳	٪۷۹/۳	٪۷۸/۲	٪۸۲/۲

جدول ۷ نتایج آزمون مقایسهٔ زوجی را برای سال t-۲ نشان می‌دهد. همان طور که در اعداد و ارقام جدول مشخص است، میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش الگوریتم کلونی مورچگان ۳/۲ درصد بیشتر از میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش تحلیل تمایز چندگانه است. تفاوت میانگین دو گروه در سطح ۵ درصد معنادار است. بدین‌معنا که فرض H1 تأیید می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که در سال t-۲ دقت پیش‌بینی الگوریتم کلونی مورچگان از تحلیل ممیز چندگانه بیشتر است.

جدول ۷. نتایج آزمون مقایسهٔ زوجی برای سال t-۲

مدل / آماره	MDA	ACA
میانگین	۰/۷۶۵۵۰	۰/۷۹۷۵۰
آمارهٔ t	۴/۶۵۹	
P-Value	۰/۰۱۹	

جدول ۸ نتایج پیش‌بینی چهار نمونهٔ فرعی مدل الگوریتم کلونی مورچگان را به‌همراه مدل تحلیل ممیز چندگانه برای سال t-۳ نشان می‌دهد.

Arhive of SID

www.SID.ir

جدول ۸. نتایج پیش‌بینی برای سال t -۳

ACA				MDA				
Sub_4	Sub_3	Sub_2	Sub_1	Sub_4	Sub_3	Sub_2	Sub_1	
۶۵	۶۶	۶۹	۶۷	۶۷	۶۸	۶۹	۶۴	Failed
٪۷۴/۷	٪۷۵/۸	٪۷۹/۳	٪۷۷	٪۷۷	٪۷۸/۱	٪۷۹/۳	٪۷۳/۵	
۶۷	۶۱	۶۱	۵۹	۵۸	۵۵	۵۵	۶۰	Healthy
٪۷۷	٪۷۰/۱	٪۷۰/۱	٪۷۶/۸	٪۶۶/۷	٪۶۳/۲	٪۶۳/۲	٪۶۸/۹	
۱۳۲	۱۲۷	۱۳۰	۱۲۶	۱۲۵	۱۲۳	۱۲۴	۱۲۴	Total
٪۷۵/۸	٪۷۳	٪۷۴/۷	٪۷۲/۴	٪۷۱/۸	٪۷۰/۶	٪۷۱/۲	٪۷۱/۲	

دربارهٔ شرکت‌های درمانده مالی، دقت پیش‌بینی الگوریتم کلونی مورچگان برای نمونهٔ فرعی (۱) از روش تحلیل ممیز چندگانه بیشتر، برای نمونهٔ فرعی (۲) برابر با روش تحلیل ممیز چندگانه، برای نمونه های فرعی (۳) و (۴) کمتر از روش تحلیل ممیز چندگانه است. دربارهٔ شرکت‌های سالم به‌جز نمونهٔ فرعی (۲)، دقت کلی پیش‌بینی روش الگوریتم کلونی مورچگان در همهٔ نمونه‌های فرعی بیشتر از روش تحلیل ممیز چندگانه است. در مجموع، برای سال t-۳ در همهٔ نمونه‌های فرعی، دقت کلی پیش‌بینی الگوریتم کلونی مورچگان بیشتر از تحلیل ممیز چندگانه بود. تفاوت دقت پیش‌بینی در کل برای نمونه‌های فرعی ۱ تا ۴ به‌ترتیب برابر است با ۱/۲، ۳/۵، ۲/۴ و ۴ درصد.

جدول ۹ نتایج آزمون مقایسهٔ زوجی روی میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش‌های الگوریتم کلونی مورچگان و تحلیل تمایز چندگانه را برای نمونه‌های فرعی در سال t -۳ نشان می‌دهد.

جدول ۹. نتایج آزمون مقایسهٔ زوجی برای سال t-۳

مدل / آماره	MDA	ACA
میانگین	۰/۷۱۲۰۰	۰/۷۳۹۷۵
آمارهٔ t	۴/۴۵۹	
P-Value	۰/۰۲۱	

همان طور که جدول ۹ نشان می‌دهد، میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش الگوریتم کلونی مورچگان ۲/۷۷۵ درصد بیشتر از میانگین دقت کلی پیش‌بینی روش تحلیل تمایز چندگانه است. با توجه به مقدار P از سطح معناداری ۵ درصد کوچک‌تر است، فرض صفر برابربودن

Arhive of SID

www.SID.ir

میانگین دو گروه به لحاظ آماری رد می‌شود. به‌بیان دیگر، تفاوت میانگین دو گروه در سطح ۵ درصد معنادار است. بنابراین، فرض H_1 تأیید می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که در سال t-۳ دقت پیش‌بینی الگوریتم کلونی مورچگان از تحلیل ممیز چندگانه بیشتر است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

توسعه مدل‌های پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی به‌عنوان یک موضوع مهم، همواره مورد توجه جامعهٔ دانشگاهی و بنگاه‌های اقتصادی بوده است. پیش‌بینی درماندگی مالی می‌تواند اثر مهمی بر تصمیمات مربوط به اعطای تسهیلات و سودآوری نهادهای مالی داشته باشد.

تحقیق حاضر به پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از روش الگوریتم کلونی مورچگان پرداخته است. الگوریتم کلونی مورچگان برای پیداکردن دستور بهینه و دسته‌بندی استفاده می‌شود. این الگوریتم، تقلیدی است از فنون واقعی به‌کار گرفته‌شده توسط مورچه‌ها که به‌منظور تعیین کوتاه‌ترین مسیر از منبع غذا تا لانهٔ خود و به‌عکس استفاده می‌شود. مورچه‌ها در مناطق اطراف لانهٔ خود به شیوه‌ای تصادفی شروع به جست‌وجو می‌کنند. به‌منظور ارزیابی عملکرد الگوریتم کلونی مورچگان، ما به مقایسهٔ نتایج به‌دست‌آمده از روش این الگوریتم با روش تحلیل ممیز چندگانه پرداختیم. مقایسه نشان می‌دهد عملکرد زیاد الگوریتم کلونی مورچه که بیشتر با توانایی خود برای استخراج دسته‌بندی پشتیبانی می‌شود، به‌منظور تفسیر نتایج پیش‌بینی پیشنهاد می‌شود.

نتایج به‌دست‌آمده از انجام این تحقیق نشان می‌دهد الگوریتم کلونی مورچگان توان زیادی در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها دارد و می‌توان با اطمینان زیادی از آن استفاده کرد. همان طور که مشاهده شده است، دقت پیش‌بینی این مدل همانند مدل‌های دیگر با دورشدن از سال وقوع درماندگی مالی کمتر می‌شود. در این تحقیق، نتایج مدل الگوریتم کلونی مورچگان با نتایج مدل تحلیل ممیز چندگانه نیز مقایسه شد که H_1 در سه فرضیهٔ آماری اول، سوم و چهارم تأیید شد؛ ولی در فرضیهٔ دوم تحقیق یعنی سال t-۱ به‌رغم پیش‌بینی بهتر مدل الگوریتم کلونی مورچگان، فرضیه به لحاظ آماری تأیید نشده است. بنابراین، با توجه به اینکه در بیشتر موارد فرضیهٔ پژوهشی تأیید شده است، می‌توان چنین نتیجه گرفت که دقت کلی پیش‌بینی مدل الگوریتم کلونی مورچگان در پیش‌بینی درماندگی مالی به‌طور معناداری از مدل تحلیل تمایز چندگانه بیشتر است و نتیجهٔ فرضیهٔ اصلی پژوهشی این مطالعه تأیید می‌شود.

Arnive of SID

www.SID.ir

پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی

- از آنجا که در تحقیق حاضر از نسبت‌های مالی منتخب در مدل نهایی تحقیقات قبلی استفاده شده است، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی از نسبت‌های مالی دیگر استفاده شود.
- استفاده از روش‌های فراابتکاری جدیدتر مانند PSO در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها.
- مقایسهٔ مدل الگوریتم کلونی مورچگان با سایر روش‌های آماری.
- استخراج مدل برای یک صنعت خاص.
- بررسی پیش‌بینی درماندگی مالی برای شرکت‌های خدماتی و واسطه‌گری.

References

امینی، پ. (۱۳۸۵). بررسی امکان سنجی استفاده از مدل فولمر برای تخمین ورشکستگی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. پایان نامه ارشد رشته حسابداری، *دانشگاه تربیت مدرس*.

رستمی، م.، فلاح شمس، م.، اسکندری، ف. (۱۳۹۰). ارزیابی درماندگی مالی شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران: مطالعه مقایسه ای بین تحلیل پوششی داده‌ها و رگرسیون لوجستیک. *پژوهش‌های مدیریت در ایران*-مدرس علوم انسانی، دوره ۱۵(۳).

سپهری، م.، رحیمی مقدم، م. (۱۳۸۶). *الگوریتم کلونی مورچگان و کاربردهای آن*. انتشارات فرهنگ منهاج.

موسوی شیری، م.، طبرستانی، م. (۱۳۸۸). پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها. *تحقیقات حسابداری*، (۲) ۱۵۸-۱۸۷.

فلاح پور، س. (۱۳۸۳). پیش‌بینی درماندگی مالی شرکتها با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی. پایان نامه کارشناسی ارشد، *دانشکده مدیریت دانشگاه تهران*، تهران.

فلاح پور، س.، راعی، ر. (۱۳۸۷). کاربرد ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکتها با استفاده از نسبتهای مالی. *فصلنامه بررسیهای حسابداری و حسابرسی*، (۴)۱۵.

Arhive of SID

www.SID.ir

قادری، ا. (۱۳۹۰). بررسی اثر پارامترهای زمین شناسی مهندسی مؤثر در پهنه بندی خطر فرسایش با استفاده از الگوریتم بهینه سازی کلنی مورچگان. پایان نامه کارشناسی ارشد، *دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس*.

مرادی، م.، شفیعی سردشت، م.، ابراهیم پور، م. (۱۳۹۱). پیش‌بینی درماندگی مالی شرکتها بوسیله مدلهای ماشین بردار پشتیبان و تحلیل ممیزی چندگانه. *فصلنامه بورس اوراق بهادار*، ۵(۱۸).

معصومی، م. (۱۳۸۹). مقایسه روش‌های آماری و هوش مصنوعی در پیش‌بینی دررماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد، *دانشکده مدیریت دانشگاه تهران*، تهران.

موسوی شیری، م.، طبرستانی، م. (۱۳۸۸). پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها. *تحقیقات حسابداری*، (۲) ۱۵۸-۱۸۷.

یاریفرد، ر. (۱۳۸۲). بررسی مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی(مدل‌های فولمر و اسپرینگت) در بورس اوراق بهادار تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد حسابداری، *دانشگاه مازندران*.

Altman, E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the Prediction of corporate bankruptcy.*The Journal of Finance*, 23 (4), 589- 609.

Anandarajan, M., Lee, P. & Anandarajan, A. (2004). Bankruptcy Predication Using Neural Networks: A Perspective from Accounting And Finance. *Springer-Verlag*.

Bellovary, J., Giacomino, D. & Akers, M. (2007). A Review of Bankruptcy Prediction Studies: 1930 to Present. *Journal of Financial Education*.

Brabazon, A. O'Neill, M. (2006).Biologically Inspired Algorithms for Financial Modelling. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, Germany.

Chen, J. (2012). Developing SFNN models to predict financial distress of construction companies. *Expert Systems with Applications,* (39), 823–827.

Chiang Y.C., Et Al. (2010). A Hybrid Approach Of Dea, Rough Set And Support Vector Machines For Business Failure Prediction. *Expert Systems with Applications*, (37), 1535-1541.

Etemadi, H., Anvary Rostami, A. A., Farajzadeh Dehkordi, H. (2008). A genetic programming model for bankruptcy prediction: Empirical evidence from Iran. *Expert Systems with Applications*.

Goletsis, Y., Exarchos P., Themis, Katsis, Cheristos (2009). Can Ants Predict Bankruptcy? A Comparison of Ant Colony Systems to Other State-of-The-

Arhive of SID

www.SID.ir

Art Computational Methods. *New Mathematics and Natural Computation*, 5(3), 571-588.

Wang, S., Wu, L., Zhang, Y., Zhou Z. (2009). Ant colony algorithm used for bankruptcy prediction. *Second International Symposium on Information Science and Engineering, IEEE Computer Society*.

Tsai, C. (2009). Feature Selection In Bankruptcy Prediction. *Knowledge- ased Systems,* (22), 120–127.

Xu, X., Wang, Y. (2009). Financial Failure Prediction Using Efficiency As A Predictor. *Expert Systems With Applications*, (36), 366-373.

Arhive of SID

www.SID.ir