# بررسی کاربرد الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان پیوسته در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران

*حسن تقی زاده[1]

محمود همت فر[2]

## چکیده

ورشکستگی، مقوله‌ای با اهمیت در زندگی تجاری هر بنگاه اقتصادی است که آثار نامطلوبی برای جامعه و اقتصاد به همراه دارد. خطر ورشکستگی برای واحدهایی که نتوانند در رویارویی با چالش‌ها، واکنشی به موقع و مناسب از خود بروز دهند تهدیدی بس بزرگتر از گذشته است. تحقیق حاضر، تلاشی در جهت ساخت مدلی برای هشدار و آگاهی دادن قبل از رخداد این واقعه تلخ است. در این راستا سعی بر ساخت مدلی بوده است که با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی کلونی مورچگان، پیش‌بینی ورشکستگی در یک یا دو یا سه سال قبل از وقوع ورشکستگی را میسر سازد. جامعه آماری، شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، و دوره مورد بررسی، سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۰ را شامل می‌شود. مدل پیشنهادی، بر اساس الگوریتمی به نام بهینه‌سازی کلونی مورچگان پیوسته ـ که در این پژوهش در حوزه مالی و ورشکستگی استفاده و شخصی‌سازی می‌شود ـ ارائه شده است و میانگین دقت در قالب داده‌های آموزش معادل ۹۲/۸ ٪ و در قالب داده‌های آزمایش معادل ۹۰ ٪ می‌باشد .

**واژگان کلیدی:** ورشکستگی، الگوریتم‌های بهینه‌سازی کلونی مورچگان، بهینه‌سازی کلونی مورچگان پیوسته ($ACO_R$)

## ۱. مقدمه

همان طور که مرگ با تولد انسان زایش یافته، ورشکستگی نیز از دیرباز قرین فعالیت‌های تجاری بشر بوده است. از زمانی که دادوستد بین انسان‌ها رواج یافته، ورشکستگی هم به عنوان مقوله‌ای ناهنجار و ناخوشایند به گونه‌ای زندگی تجاری هر بنگاه اقتصادی را تهدید کرده است که اغلب منجر به حذف همیشگی بنگاه اقتصادی از عرصه روزگار شده وآثار بدی را به ذی‌نفعان تحمیل کرده است. لذا بنا بر اهمیت موضوع، تحقیقات بسیاری در این زمینه و به منظور ارائه مدل‌های دقیق‌تر برای استفاده سرمایه‌گذاران، شرکت‌ها وحسابرسان و با تکیه بر اطلاعات مندرج در صورت‌های مالی شرکت‌ها انجام گرفته است. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های هوش مصنوعی و فراابتکاری در تحقیقات مربوط به پیش‌بینی ورشکستگی عمومیت یافته است و تحقیق حاضر نیز سعی دارد از این روش در ساخت مدلی جدید بهره گیرد.

## ۲. ادبیات و پیشینه پژوهش

[1] گروه حسابداری، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی،بروجرد، ایران.

Email:hasantaghizadeh.acc@gmail.com

[2] گروه حسابداری، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی،بروجرد، ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

دلایل گوناگونی برای وقوع ورشکستگی برشمرده‌اند که مهمترین آنها ناتوانی مدیریت واحد تجاری در مدیریت چالش‌های درون سازمانی و برون سازمانی است. طبق ماده ۴۱۲ قانون تجارت ایران، ورشکستگی تاجر یا شرکت تجاری در نتیجه توقف تأدیه وجوهی که به عهده اوست حاصل می‌شود. اما وقوع یکباره به این معنی نیست که واحد تجاری بدون طی مسیری وخامت‌بار و بی‌هیچ علامتی به ورشکستگی دچار می‌شود. مشکلاتی نظیر کاهش فروش، بهای تمام شده بالا، عدم سودآوری، مشکلات نقدینگی، پذیرش ریسک‌های اعتباری فراتر از توان، ساختار نامناسب سرمایه، عدم ثبات سیاسی‌ـاقتصادی و وجود ریسک سیستماتیک بالا و خیلی دلایل روشن دیگر علائمی هستند که از شکست واحد تجاری حکایت دارند. از این رو، اهمیت موضوع ورشکستگی و پیامدهای سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و روانی که بر جامعه تحمیل می‌کند محققان زیادی را در سراسر دنیا به تلاش در جهت ارائه مدل‌های مناسبی برای پیش‌بینی ورشکستگی واحدهای تجاری سوق داده است. وقوع ورشکستگی‌های مهم در دهه ۶۰ میلادی به رشد روزافزون ارائه مدل‌های مختلف برای پیش‌بینی ورشکستگی منجر شد که از میزان موفقیت متفاوتی برخوردار بودند. نکته حائز اهمیت آن است که هر یک از این مدل‌ها با کاربرد ترکیبی از نسبت‌های فعالیت اهرمی، عملیاتی، سودآوری و تصفیه سعی در پیش‌بینی نتایج آتی عملیات شرکت دارند. مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی به سه دسته اصلی مدل‌های تک متغیری (سنتی)، مدل‌های آماری و مدل‌های هوش مصنوعی طبقه‌بندی می‌شوند. مدل‌های پیش‌بینی یک متغیری از اولین مدل‌هایی بودند که برای پیش‌بینی ورشکستگی مورد استفاده قرار گرفتند. با استفاده از این نوع تجزیه و تحلیل می‌توان قدرت پیش‌بینی‌کنندگی نسبت‌های مالی مختلف را بررسی کرد. در این روش، هر بار یکی از نسبت‌ها بررسی می‌شود. یکی از قدیمی‌ترین نسبت‌های مالی که برای ارزیابی وضعیت اعتباری در سال ۱۸۷۰ مورد استفاده قرار گرفت نسبت جاری بود (بیور[3] ۱۹۶۶).

به منظور بررسی توان نسبت‌های مالی در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها بیور (۱۹۶۶) از تجزیه و تحلیل یک متغیری استفاده کرد. او بیشتر از نسبت‌هایی استفاده کرد که مربوط به جریانات نقدی بودند. در این تحقیق، بیور ۳۰ نسبت مالی را که تصور می‌کرد بهترین شاخص‌ها برای سلامت مالی یک شرکت هستند، انتخاب کرد. سپس این نسبت‌ها را بر اساس آن چه که اندازه‌گیری می‌کردند به شش گروه تقسیم کرد. این شش گروه عبارت بودند از نسبت‌های مربوط به جریان نقدی، نسبت بدهی‌ها به کل دارایی‌ها، نسبت دارایی‌های نقد شونده به کل دارایی‌ها، نسبت دارایی‌های نقد شونده به بدهی‌های جاری، نسبت فعالیت (گردش) و نسبت‌های سود خالص.

برای اولین بار، آلتمن[4] (۱۹۶۸) اثر ترکیب‌های مختلف نسبت‌های مالی را برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها بررسی کرد. در این مطالعه، آلتمن از تحلیل تمایز چندگانه استفاده کرد. مدلی که او به دست آورد به Z-Score معروف است که بعدها وی آن را با نام‌های $Z'$ و $Z''$ مورد تجدیدنظر قرار داد. در ابتدا او ۲۲ متغیر را در نظر گرفت. این نسبت‌ها یا در مطالعات قبلی مورد توجه قرار گرفته بودند، یا نسبت‌هایی بودند که بنا بر تصور خود آلتمن، شاخص مهمی برای ورشکستگی هستند. در این مطالعه، آلتمن از یک نمونه ۶۶ تایی استفاده کرد که به طور برابر به دو گروه ورشکسته و غیرورشکسته تقسیم شده بودند. در مدل نهایی، او ۵ نسبت را انتخاب کرد که به نظر می‌رسید برای پیش‌بینی ورشکستگی از بیشترین اهمیت برخوردار هستند.

دیکین (۱۹۷۲) تحقیقات انجام شده توسط بیور و آلتمن را در مدل جدیدی ادغام کرد. دیکین نیز برای پیش‌بینی ورشکستگی از روش تحلیل تمایز چندگانه استفاده کرد ولی ۱۴ نسبتی را که در مطالعه بیور مورد استفاده قرار گرفته

[3] Beaver
[4] Altman

Archive of SID

www.SID.ir

بودند به کار برد. او به این نتیجه رسید که نسبت جریان نقدی به کل بدهی‌ها، به تنهایی پیش‌بینی کننده بسیار مناسبی برای ورشکستگی در پنج سال قبل از ورشکستگی است.
یکی از مهمترین انتقادات وارد شده به تحلیل تمایز این بود که این نوع تحلیل، احتمالات پیشین را در نظر نمی‌گیرد و احتمال عضویت در هر گروه را مساوی فرض می‌کند. بسیاری از محققان، برای اجتناب از این ایراد از مدل‌های مبتنی بر احتمالات شرطی استفاده کرده‌اند. دو روش آماری رگرسیون لجستیک (لاجیت) و تحلیل پروبیت به عنوان جایگزین تحلیل تمایز مورد استفاده قرار گرفت.
مارتین (۱۹۷۷) یکی از اولین محققانی بود که برای پیش‌بینی ورشکستگی از تحلیل لاجیت استفاده کرد. در این تحقیق، او ۲۵ نسبت مالی را به عنوان متغیرهای مستقل انتخاب کرد و آنها را به منظور ارزیابی ریسک دارایی، نقدینگی، کفایت سرمایه و سود به چهار دسته تقسیم‌بندی کرد. مارتین در تحلیل نهایی خود از شش متغیر مستقل ترکیبی استفاده کرد.
سومین روش در ساخت مدل برای پیش‌بینی ورشکستگی، روش‌های هوش مصنوعی و فراابتکاری است که استفاده از آنها در سال‌های اخیر عمومیت یافته است. مطالعات صورت گرفته روی کار کلونی‌های مورچه‌ها الهام‌بخش مجموعه‌ای از الگوریتم‌های کلونی مورچگان شده است که می‌توان از آنها برای امور بهینه‌سازی[۵] یا خوشه‌بندی[۶] استفاده کرد. در یک کلونی حشرات اجتماعی نظیر مورچه‌ها، زنبورهای عسل، زنبورها و موریانه‌ها، هر حشره وظیفه خود را به طور مستقل از دیگر اعضای کلونی انجام می‌دهد. با این حال، وظایف انجام شده توسط حشرات مختلف چنان به هم مرتبط هستند که کلونی به عنوان یک جامعه و کل، قادر به حل مشکلات از طریق همکاری و تعاون است (کامبیز فرقان‌دوست حقیقی و توحید کاظمی مرداد ۸۹).
در کلونی حشرات، مسائل حیاتی همچون انتخاب، مواد مورد نیاز، یافتن و ذخیره غذا که با بقاء سر و کار دارند و نیازمند طرح و برنامه‌ریزی دقیقی می‌باشند بدون وجود هیچ عامل کنترل‌کننده مرکزی یا سرپرستی حل می‌شوند. رفتار جمعی که از گروه اجتماعی حشرات سر می‌زند «هوش انبوه‌زی»[۷] نامیده شده است.

مورچه‌ها بدون استفاده از اطلاعات بصری و با تغییر محیط اطراف خود قادر به یافتن کوتاه‌ترین مسیر بین منبع غذا و لانه خود هستند. یافته‌ها نشان می‌دهد که مورچه‌ها برای انتقال و مبادله اطلاعات درباره مسیری که می‌بایست طی کنند، از آثار فرومون که ماده‌ای شیمیایی است بهره می‌برند. وقتی که مورچه‌ها حرکت می‌کنند، مقدار مشخصی فرومون از خود بر روی زمین به‌جای گذارده و این گونه مسیری از فرومون ایجاد می‌کنند. با عبور مورچه‌های بیشتر از این مسیر، اثر بیشتری از فرومون برای دیگر مورچه‌ها به جای می‌ماند. این فرآیند را می‌توان به عنوان حلقه بازخورد مثبت توصیف نمود که طی آن یک مورچه احتمالاً مسیری را انتخاب می‌کند که برای تعدادی از مورچه‌ها که به تازگی از آن مسیر گذشته‌اند مناسب تشخیص داده شده است. تحقیقات زیادی در داخل کشور و خارج از آن به منظور پیش‌بینی ورشکستگی صورت گرفته است که در اینجا فقط به تحقیقات مرتبط با روش مورچه بسنده می‌شود.

در تحقیقی که برای تعیین چارچوب کیفی قواعد ورشکستگی با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان توسط ای‌ـمارتین و همکاران در سال ۲۰۱۲ انجام شد تکنیک‌های Rule Miner و بهینه‌سازی انبوه‌زی جزئی[۸] مورد استفاده قرار گرفت.

---

[5] Ant colony optimization
[6] Ant colony clustering
[7] swarm intelligence

Archive of SID

www.SID.ir

متغیرهای کیفی استفاده شده شامل ریسک صنعت، ریسک مدیریت، انعطاف‌پذیری مالی، اعتبار، رقابت و ریسک عملیاتی است. همچنین عوامل ریسک کیفی که به صورت پرسشنامه‌ای تهیه شده شامل ظرفیت حل مشکلات، نوآوری، سازگاری اثربخش، موضوعات مرتبط با هزینه، موضوعات مرتبط با افراد، موضوعات مرتبط با کیفیت، درخواست‌کنندگان اطلاعات و اتکاء به نفس است. نتایج تحقیق دربرگیرنده ۴ قاعده به شرح زیر است:

۱- اگر ظرفیت حل مشکلات و نوآوری بالا، موضوعات مرتبط با کیفیت در سطح متوسط و تعداد درخواست‌کنندگان اطلاعات بالا باشد شرکت غیرورشکسته است.

۲- اگر ظرفیت حل مشکلات بالا، موضوعات مرتبط با افراد در سطح متوسط، ریسک مدیریت بالا و سازگاری اثربخش در سطح متوسط باشد شرکت غیرورشکسته است.

۳- اگر نوآوری، انعطاف‌پذیری مالی، ریسک مدیریت، و موضوعات مرتبط با افراد در سطح پایینی باشد شرکت ورشکسته خواهد بود.

۴- اگر انعطاف‌پذیری مالی و رقابت کم و ریسک مدیریت متوسط باشد شرکت غیر ورشکسته خواهد بود.

در سال ۲۰۰۵ ویورل میله‌آ در تحقیقی تحت عنوان پیاده‌سازی سیستم مورچه‌ای[9] برای پیش‌بینی ورشکستگی به بررسی ضریب موفقیت این سیستم در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها پرداخت. وی با اندکی تغییر در سیستم مورچه‌ای ارائه شده توسط دوریگو و استفاده از ۵ نسبت مالی ارائه شده توسط آلتمن در سال ۱۹۶۸ به طبقه‌بندی شرکت‌ها پرداخت. میله‌آ با استفاده از دو مجموعه داده شامل ۱۱۰ شرکت که توسط وی جمع‌آوری شده بود و مجموعه داده‌های استفاده شده توسط آلتمن در سال ۱۹۶۸ به مقایسه نتایج دو مدل آلتمن و AS پرداخت. نتایج تحقیق نشان داد که ضریب موفقیت سیستم مورچه‌ای و آلتمن با استفاده از داده‌های ۱۱۰ شرکت انتخابی میله‌آ به ترتیب حدود ۸۶٪ و۸۰٪ و نتایج حاصل شده طبق داده‌های جمع‌آوری شده توسط آلتمن، برتری ۲٪ مدل آلتمن را نشان می‌دهد.

## ۳. روش تحقیق

الگوریتم استفاده شده در این تحقیق، یک الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان[10] برای دامنه‌های پیوسته است. برای مسئله بهینه‌سازی پیوسته[11] می‌توان یک مدل را به صورت $P=(S,\Omega,f)$ فرموله کرد که شامل فضای جستجوی S که به تعریف همه مجموعه های محدود متغیرهای گسسته تصمیم‌گیری پرداخته، مجموعه $\Omega$ قیدهای بین متغیرها، و یک تابع هدف $f : S \rightarrow R_0^+$ است که باید کمینه یا بیشینه گردد.

---

[8] Partial swarm optimization
[9] Ant system
[10] Ant Colony Optimization
[11] Continuous problem optimization

Archive of SID

www.SID.ir

لازم به ذکر است که در بهینه‌سازی کلونی مورچگان، اساس کار، ساخت تدریجی راه حل‌ها بر اساس احتمال انتخاب اجزاء راه حل می‌باشد و مقادیر احتمالات مزبور بر مبنای مقادیر فرومون هر جزء محاسبه می‌شود. در بهینه‌سازی کلونی مورچگان اجرا شده در مسائل بهینه‌سازی ترکیبی[12] مجموعه‌ای از بخش‌های مربوط به راه حل قابل دسترس به وسیله فرمول مسئله تعریف می‌شوند. در هر گام از ساخت، مورچه‌ها اقدام به یک انتخاب احتمالی از قسمت‌های راه حل $c_i$ از مجموعه $N(s^p)$ از قسمت‌های قابل دسترسی بر اساس معادله زیر می‌نمایند.

$$p(c_{ij}|s^p) = \frac{\tau_{ij}^{\alpha}.\eta(c_{ij})^{\beta}}{\sum_{c_{il}\epsilon N(s^p)} \tau_{il}^{\alpha}.\eta(c_{il})^{\beta}} \ , \ \forall c_{il} \in N(s^p), \qquad (1)$$

که در آن $\tau_{ij}$ مقدار فرومون پیوندی با قسمت $c_{ij}$ است، $\eta(0)$ تابع وزن می‌باشد که در هر گام از ساخت یک مقدار هیوریستیک به قسمت راه حل $c_{ij} \in N(s^p)$ اختصاص می‌دهد. مقادیری که به وسیله تابع وزن‌دهی تعیین می‌شوند اغلب اطلاعات مکاشفه‌ای[13] نامیده می‌شوند. علاوه بر این، $\alpha$ و$\beta$ پارامترهای مثبتی هستند که مقادیرشان تعیین‌کننده رابطه بین اطلاعات فرومون و اطلاعات مکاشفه‌ای می‌باشد.

برای نمونه‌گیری و ایجاد راه حل به تعریف یک هسته گوسی به عنوان جمع وزن‌های چندین تابع گوسی تک بعدی $g_l^i(x)$ پرداخته می‌شودکه آن را $G^i(x)$ نامیده‌اند:

$$G^i(x) = \sum_{l=1}^{k} \omega_l g_l^i(x) = \sum_{l=1}^{k} \omega_l \frac{1}{\sigma_l^i\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu_l^i)^2}{2\sigma_l^{i\,2}}} \qquad (2)$$

زمانی که از PDF های چند هسته‌ای استفاده می‌شود ابعاد مسئله $i = 1,...,n$ تعیین‌کننده یک PDF منفرد می‌باشد. هسته گوسی $G^i(x)$ با سه بردار پارامتری نمایش داده می‌شود: $\omega$ بردار وزن‌های پیوندی با هر تابع گوسی ممکن، $\mu^i$ بردار میانه و $\delta^i$ بردار انحراف معیار می‌باشد. کاردینال تمامی این بردارها برابر تعداد تابع‌های گوسی متشکل از هسته گوسی است. برای سهولت کار از پارامتر k برای توصیف آن استفاده شده است، از این رو $|\omega| = |\mu^i| = |\delta^i| = k$ به این ترتیب، PDF باعث ایجاد یک نمونه‌گیری ساده و منطقی می‌شود و در مقایسه با تابع گوسی منفرد باعث انعطاف‌پذیری بیشتر در شکل ممکن می‌گردد.

### ۱. ۳ نمایش فرومون در $ACO_R$

در $ACO_R$ تعدادی از راه حل‌ها در آرشیو راه حل‌ها T نگهداری می‌شوند. برای هر راه حل $s_1$ در یک مسئله n بعدی، $ACO_R$ اقدام به ذخیره‌سازی مقادیر n متغیر و مقدار تابع هدف $f(s_l)$ در T می‌نماید. در این صورت iامین متغیر از Lامین راه حل بوسیله $s_i$ نمایش داده می‌شود. به این منظور، برای انجام این کار، روشی برای تولید PDF بر اساس راه حل‌های حفظ شده تعریف می‌گردد. همانطور که بیان شد در معادله ۲ پارامترهای هسته گوسی $G_i$ PDF به وسیله سه بردار $\omega$، $\mu^i$ و $\delta^i$ تعیین می‌گردند. راه حل‌های موجود در آرشیو برای محاسبه مقادیر این پارامترها مورد استفاده قرار می‌گیرند و به این طریق باعث شکل‌گیری هسته گوسی PDF مورد استفاده در راهنمایی مورچه‌ها در فرآیند جستجویشان می‌گردد.

---

[12] problems optimization combinatorial
[13] information heuristic

Archive of SID

www.SID.ir

تعداد راه حل‌های ذخیره شده در آرشیو برابر با K می‌باشد؛ بنابراین، این پارامتر تعیین‌کننده پیچیدگی PDF می‌باشد: k تابع گوسی مجزا وجود دارد که اقدام به ساخت هسته گوسی PDF می‌نمایند. راه حل‌ها در آرشیو بر اساس کیفیت‌شان مرتب می‌شوند، برای مثال راه حل $s_l$ دارای رتبه $l$ می‌باشد. وزن $\omega_l$ راه حل $s_l$ بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\omega_l = \frac{1}{qk\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l-1)^2}{2q^2k^2}} \qquad (3)$$

که اساساً بیان می‌دارد وزن‌ها باید مقادیر تابع گوسی با پارامتر l و میانه ۱ و انحراف از معیار qk باشند ور در آن q پارامتر الگوریتم می‌باشد. زمانی که q کوچک باشد راه حل با بهترین رتبه ترجیح داده می‌شود و زمانی که مقدار آن بزرگ باشد احتمالا منظم‌تر می‌گردد. تأثیر این پارامتر بر $ACO_R$ مشابه تنظیم‌کننده تعادل در به روز رسانی فرومون بین بهترین راه حل مربوط به دوره فعلی و بهترین راه حل تاکنون یافت شده در ACO می‌باشد.

متغیرهای تصمیم‌گیری $X_i$, i = 1,...,n داده شده است، یک مورچه با اجرای n گام اقدام به ساخت یک راه حل می‌نماید. در گام ساخت i یک مورچه اقدام به انتخاب مقدار برای متغیر $X_i$ می‌نماید. همان طور که بیان شد هسته گوسی PDF از تعدادی تابع گوسی منظم تشکیل شده است. تعداد توابع مورد استفاده برابر با سایز k آرشیو راه حلT می‌باشد. در گام ساخت i فقط اطلاعات درباره بعد iام مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این طریق در هر گام i هسته گوسی $G^i$ PDF به دست آمده از دیگری متفاوت می‌باشد. براساس معادله ۴ برای تعریف $G^i$ PDF باید مقادیر بردارهای $\mu^i$، $\delta^i$ و $\omega$ تعریف شوند.

$$D(x) = \int_{-\infty}^{x} P(t)dt \qquad (4)$$

در حقیقت، فرآیند نمونه‌گیری به صورت زیر انجام می‌پذیرد: ابتدا مؤلفه‌های بردار وزن $\omega$ بر اساس معادله ۵ محاسبه می‌شوند. سپس نمونه‌گیری در دو فاز صورت می‌گیرد.

$$\mu^i = \{\mu_1^i, \dots, \mu_k^i\} = \{s_1^i, \dots, s_k^i\} \qquad (5)$$

فاز اول شامل انتخاب یکی از توابع گوسی است که متشکل از هسته گوسی می‌باشد. احتمال $p_l$ انتخاب lامین تابع گوسی به صورت زیر است:

$$p_l = \frac{\omega_l}{\sum_{r=1}^{k} \omega_r} \qquad (6)$$

فاز دوم، شامل نمونه‌گیری تابع گوسی انتخاب شده است. واضح است که در گام i، انحراف معیار، باید فقط برای تابع گوسی منفرد $g_l^i(x)$ که در فاز یک انتخاب شده بود شناخته شده باشد. از این رو همه بردار انحراف معیار $\delta^i$ محاسبه نمی‌شود و فقط $\delta_l^i$ مورد نیاز است.

انتخاب lامین تابع گوسی در هر دور به ازای هر مورچه تنها یک بار صورت می‌گیرد. این به معنای آن است که یک مورچه از تابع گوسی پیوندی با راه حل انتخابی $s_l$ که همان توابع $g_l^i$ است برای ساخت راه حل در دوره داده شده استفاده می‌نماید. این نکته باعث استفاده و بهره‌برداری از ارتباط بین متغیرها می‌گردد. البته تابع گوسی واقعی در هر گام ساخت، به طریقی متفاوت نمونه‌گیری می‌نماید، چنان که در گام i، $\mu_l^i = s_l^i$ و $\delta_l^i$ به طور پویا به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

بدین منظور، برای محاسبه مقدار انحراف معیار $\delta_l^i$ در گام ساخت i، به محاسبه فاصله متوسط راه حل انتخابی $s_l$ تا سایر راه حل‌های موجود در آرشیو می‌پردازیم و سپس آن را در پارامتر $\xi$ ضرب می‌کنیم:

$$\sigma_l^i = \xi \sum_{e=1}^{k} \frac{|s_e^i - s_l^i|}{k-1} \qquad (7)$$

پارامتر $\xi > 0$ به ازای همه ابعاد یکسان می‌باشد. مقدار بالاتر $\xi$ نشان‌دهنده سرعت همگرایی کمتر الگوریتم می‌باشد. همانطور که بیان شد تمامی این فرآیند به ازای هر یک از ابعاد $i = 1,...,n$ تکرار می‌گردد و هربار فاصله متوسط $\delta_l^i$ تنها با استفاده از بعد i محاسبه می‌شود. همان طور که ذکر شد در روش $ACO_R$ اطلاعات فرومون‌ها به عنوان آرشیو راه حل‌ها ذخیره می‌گردد. این کار سبب می‌شود که روند به روز رسانی فرومون، برخی به روز رسانی‌ها را نیز در این آرشیو اجرا کند.

سایز k آرشیو T به عنوان پارامتر الگوریتم می‌باشد؛ اگر چه ممکن است k از ابعاد مسئله‌ای که قرار است حل شود کوچک‌تر نباشد. در شروع اجرای الگوریتم، آرشیو راه حل T با تولید k راه حل به وسیله نمونه‌گیری تصادفی منظم مقدار دهی می‌شود.

به روز رسانی فرومون با اضافه نمودن مجموعه‌ای از راه حل‌های تازه تولید شده به آرشیو جواب‌های T اجرا می‌شود و سپس به همان تعداد از راه حل‌های بد را طوری حذف می‌نماید که سایز کلی آرشیو تغییری نکند. در این فرآیند اطمینان حاصل می‌شود که فقط بهترین راه حل‌ها به گونه‌ای در آرشیو نگهداری شوند که مورچه ها را به طور مؤثر در فرآیند جستجو هدایت نمایند.

## ۴. جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری این تحقیق، شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. در این بین، شرکت‌هایی که به فعالیت‌های خدماتی، بازرگانی، واسطه‌گری مالی، معادن فلزی و سرمایه‌گذاری مشغول بوده یا طی دوره مورد بررسی، صورت‌های مالی خود را به طور منظم ارائه نداده بودند، و یا در کل دوره مورد بررسی عضو بورس نبوده، و یا سال مالی آنها غیر از پایان ماه اسفند بود، حذف شدند. دوره ۷ ساله تحقیق، سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۰ را در برمی‌گیرد. نمونه تهیه شده تحقیق شامل ۱۹۸ شرکت است که بعد از بررسی به ۷۳ شرکت با صورت‌های مالی کامل چهار ساله تقلیل یافت. از این تعداد ۳۰ شرکت ورشکسته و ۴۳ شرکت غیرورشکسته هستند. لذا به واسطه نمونه‌گیری تصادفی، تعداد شرکت‌های غیر ورشکسته نیز به ۳۰ شرکت تقلیل یافت تا جهت ساخت مدل‌ها به عنوان داده‌های آموزش[۱] و آزمایش[۲] مورد استفاده قرار گیرند. در روش بهینه‌سازی کلونی مورچگان پیوسته ۷۵٪ از کل داده‌ها به عنوان داده آموزش و ۲۵٪ مابقی برای آزمایش مدل انتخاب می‌شود. به این ترتیب که از ۲۴۰ داده ـ سال ۱۸۰ داده برای ساخت مدل‌ها و ۶۰ داده برای تست کنار گذاشته می‌شود و به این ترتیب، تقریباً از هر دو گروه سالم و ورشکسته به طور مساوی در آموزش و آزمایش حضور دارند .

## ۵. متغیرهای تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

در این پژوهش، متغیر وابسته، وضعیت مالی شرکت‌ها است که بر اساس ماده ۱۴۱ قانون تجارت به ورشکسته و غیرورشکسته تقسیم می‌شوند. متغیرهای مستقل تحقیق، ۱۹ نسبت مالی برگرفته از ادبیات پژوهشی ورشکستگی می‌باشد که در سه سطح سودآوری، نقدینگی و اهرمی (بدهی) تهیه و از صورت‌های مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران استخراج شده است. این ۱۹ نسبت، از بین نسبت‌های مورد استفاده توسط غلامرضا کرمی و سید مصطفی سید حسینی در تحقیقی مشابه با عنوان سودمندی اطلاعات حسابداری نسبت به اطلاعات بازار در ورشکستگی، انتخاب گردیده است. آنها با استفاده از الگوریتم ژنتیک، الگوهایی با ترکیبات متغیرهای حسابداری و بازار طراحی و مورد آزمون قرار داده‌اند. نتایج نشان داد در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها متغیرهای حسابداری با دقت ۹۱/۱٪ از متغیرهای بازار و ترکیبی به ترتیب ۷۰/۳ ٪ و ۸۹/۴۴٪ موفق‌تر عمل کرده‌اند. لازم به ذکر است متغیرهای یاد شده، از بین متغیرهای حسابداری آزمون شده در تحقیق مذکور انتخاب گردیده و توان آنها در پیش‌بینی، به وسیله الگوریتم مورچگان مورد بازتأیید مجدد قرار گرفت.

**جدول شماره ۱- متغیرهای مستقل تحقیق**

| | |
|---|---|
| متغیرهای مربوط به سطح سودآوری | |
| $x_1$ . سود خالص به فروش خالص(ROS) | $x_5$ . سود انباشته به جمع دارایی‌ها |
| $x_2$ . فروش خالص به جمع دارایی‌ها | $x_6$ . سود خالص به جمع حقوق صاحبان سهام |
| $x_3$ . سود خالص به دارایی‌های ثابت | $x_7$ . سود قبل از بهره و مالیات به جمع دارایی‌ها |
| $x_4$ . سود عملیاتی به جمع دارایی‌ها | $x_8$ . سود خالص به جمع دارایی‌ها (ROA) |
| متغیرهای مربوط به سطح نقدینگی | |
| $x_9$ . وجه نقد به فروش خالص | $x_{13}$ . وجه نقد به جمع بدهی‌ها |
| $x_{10}$ . وجه نقد به جمع دارایی‌ها | $x_{14}$ . دارایی‌های جاری به فروش خالص |
| $x_{11}$ . وجه نقد به بدهی‌های جاری | $x_{15}$ . دارایی‌های جاری به جمع دارایی‌ها |
| $x_{12}$ . دارایی جاری به بدهی جاری | |
| متغیرهای مربوط به سطح اهرمی | |
| $x_{16}$ . سود خالص به جمع بدهی‌ها | $x_{18}$ . جمع بدهی‌ها به جمع دارایی‌ها |
| $x_{17}$ . بدهی‌های جاری به جمع دارایی‌ها | $x_{19}$ . جمع بدهی‌ها به جمع حقوق صاحبان سهام |

## ۶. بررسی ساختار عاملی سطوح موثر بر ورشکستگی

در ساخت مدل به روش بهینه‌سازی کلونی مورچگان پیوسته، به منظور بررسی ساختار عاملی متغیرهای تأثیرگذار در فرآیند ورشکستگی در سه سطح سودآوری، نقدینگی و اهرمی، از تحلیل عاملی تأییدی استفاده شد. این روش در سال ۱۹۷۵ توسط والد برای حل مسائل اقتصادسنجی مطرح گردید و ترکیبی از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی[14] و تحلیل

[14] Principal component analysis

www.SID.ir

رگرسیون چند متغیره می‌باشد (چین، ۱۹۸۸). به منظور بررسی ساختار عاملی این سطوح، از روش حداقل مجذورات جزئی[۱۵] PLS استفاده شده است. در سطح سودآوری، متغیرهای سود علمیاتی به جمع دارایی‌ها (۰/۹۵)، سود انباشته به جمع دارایی‌ها (۰/۸۷)، سود قبل از بهره و مالیات به جمع دارایی‌ها (۰/۹۸) و سود خالص به جمع دارایی‌ها (۰/۹۷) دارای بارعاملی بیش از ۰/۶۰ هستند که این بارها در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار می‌باشند. در سطح نقدینگی، متغیرهای وجه نقد به فروش خالص (۰/۸۱)، دارایی جاری به بدهی جاری (۰/۹۲)، دارایی‌های جاری به فروش خالص (۰/۹۶) و دارایی‌های جاری به جمع دارایی‌ها (۰/۹۰)، دارای بار عاملی بیش از ۰/۶۰ هستند که در سطح ۰/۰۵ نیز معنی‌دار می‌باشند. در سطح اهرمی، متغیرهای بدهی جاری به جمع دارایی‌ها (۰/۷۶)، جمع بدهی‌ها به جمع دارایی‌ها (۰/۹۶) و جمع بدهی‌ها به جمع حقوق صاحبان سهام (۰/۹۶) دارای بار عاملی بیش از ۰/۶۰ هستند که در سطح ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱ معنی دارند.

## ۷. نحوه حل مسئله توسط مورچه

ابتدا آرشیو مربوط به مقادیر متغیرها توسط تابع گوسی تعیین شده مقداردهی اولیه می‌شود. این جدول به مثابه مخزنی برای نگهداری تجربیات مورچه در هر مرحله عمل می‌کند. مقداردهی اولیه به صورت تصادفی و با توجه به یک بازه محدودکننده انجام می‌گیرد. در الگوریتم شخصی‌سازی شده، این مقدار بازه‌ای از ۱ تا ۱- در نظر گرفته شده است و مرز جداسازی شرکت‌های ورشکسته و غیرورشکسته نقطه صفر است.

با مقداردهی اولیه جدول، عملیات رتبه‌بندی و مرتب‌سازی آغاز می‌شود؛ بنابراین، سطرهایی از جدول که دارای رتبه بالاتری هستند به بالای جدول منتقل شده و جدول از بالا به پایین به صورت نزولی مرتب می‌شود. نحوه رتبه‌بندی راه حل‌ها در ادامه توضیح داده خواهد شد. در این مرحله مورچه‌های تولید شده شروع به ساخت راه حل جدید می‌کنند؛ هر راه حل، رتبه‌بندی شده و در صورتی که به عنوان راه حل بهینه تشخیص داده شود با توجه به رتبه کسب شده در جدول درج می‌گردد.

### ۷.۱ نحوه ارزیابی کیفیت راه حل و رتبه‌بندی آن

در الگوریتم شخصی شده برای حل مسئله تحقیق، ضروری بود که راه حل‌های ارائه شده در هر مرحله بر اساس کیفیت راه حل در تفکیک شرکت‌ها به دو طبقه ورشکسته و سالم مورد ارزیابی قرار گیرند. به این منظور، فرمول زیر، به عنوان تابع هدف به کار گرفته شد. این فرمول، از الگوریتمی داده‌کاو از الگوریتم‌های بهینه‌سازی کلونی مورچگان به نام انت ماینر استخراج گردیده و مورد استفاده واقع شده است. در هر مرحله، سعی الگوریتم بر آن است که مقدار تابع را ماکزیمم کند.

$$\mathrm{Q} = \frac{TP}{\mathrm{TP} + \mathrm{FN}} \times \frac{TN}{FP + TN}$$

هر چه مقدار Q بیشتر باشد، کیفیت راه حل نیز بالاتر خواهد بود. در ارزیابی هر راه حل، ضریب ایجاد شده برای هر متغیر مستقل در مقدار مربوطه خود ضرب شده و با حاصل ضرب سایر متغیرها جمع و نتیجه به دست آمده با حد آستانه (صفر) مقایسه می‌شود. این عمل برای کلیه داده‌های ورودی به ازای هر راه حل انجام می‌شود و مقادیر

[15] Partial least squres

Archive of SID

www.SID.ir

FN,FP,TN,TP از نتایج مقایسات استخراج شده و مقدار کیفیت توسط فرمول اندازه‌گیری می‌شود. این عمل به تعداد مشخص در حد آستانه یک حلقه انجام می‌شود. در الگوریتم شخصی شده، حد آستانه ۷۰۰۰،۰۰۰ بار در نظر گرفته شده است. در نهایت، پس از تکمیل دور، پنجاه پاسخ بهینه در جدول راه حل به صورت تابع زیر در دسترس خواهد بود:

$$f_{(x)} = a_1x_1 + a_2x_2 + \cdots + a_nx_n$$

## ۸. ساخت مدل بر اساس روش بهینه‌سازی کلونی مورچگان پیوسته

الگوریتم با استفاده از ۱۱ متغیر منتخب در ۳ سطح سودآوری، نقدینگی و اهرمی مدل پیشنهادی را می‌سازد. با اتمام یک دور الگوریتم، بهترین راه حل توسط الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان پیوسته بصورت تابع زیر ارائه می‌گردد:

$$\begin{aligned} f_{(x)} = {} & 0.952078056172552\, x_4 + 0.9569256913012614\, x_5 + 0.5873247991049946\, x_7 \\ & + 0.6362765637354206\, x_8 + 0.60996044400073\, x_9 \\ & + 0.5967978543819344\, x_{12} - 0.11884998132737597\, x_{14} \\ & - 0.764002998614326\, x_{15} + 0.11601374305261397\, x_{17} \\ & - 0.5278876826899956\, x_{18} - 0.003618639413169724\, x_{19} \end{aligned}$$

در مدل فوق در صورتی که حاصل کوچکتر از صفر باشد شرکت، ورشکسته و در غیر این صورت، سالم تشخیص داده خواهد شد.

### ۸.۱ دقت مدل بهینه‌سازی کلونی مورچگان پیوسته در پیش‌بینی ورشکستگی

نتایج بررسی دقت مدل بر روی ۲۴۰ سال‌ـشرکت در قالب داده‌های آموزش و آزمایش در جدول شماره ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است که توان پیش‌بینی کنندگی ۱۹ متغیر مستقل انتخابی با یک بار اجرای الگوریتم بر هر ۷۳ شرکت (۲۹۲ داده‌ـسال) حائز شرایط ساخت مدل، مورد بازتأیید قرار گرفت و در سال مبنا ۱۰۰٪ ، یک سال قبل از ورشکستگی ۹۹٪ و در دو وسه سال قبل از ورشکستگی ۹۵٪ دقت در پیش‌بینی را نشان داد.

**جدول شماره ۲- نتایج ارزیابی مدل الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان پیوسته**

| نوع داده | طبقه | تعداد داده سال | t | t-1 | t-2 | t-3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| آموزش | ورشکسته | 91 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| | غیرورشکسته | 89 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| | درصد دقت پیش‌بینی | 92.8 | 95.6 | 100 | 87.2 | 88.4 |
| آزمایش | ورشکسته | 29 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | غیرورشکسته | 31 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | درصد دقت پیش‌بینی | 90 | 92.9 | 93.8 | 85.1 | 88.2 |

## ۹. بحث و نتیجه‌گیری

Archive of SID

www.SID.ir

در این پژوهش، الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان برای ساخت مدلی جهت پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران مورد استفاده قرار گرفت. در مقایسه با سایر الگوریتم‌های مورچه‌ای موجود در بهینه‌سازی برای فضای پیوسته و مسائل ترکیبی، الگوریتم به کار گرفته شده از نقطه قوتی همچون بهبود یافتگی برخوردار است و برای اولین بار در زمینه مالی و ورشکستگی آزمون می‌گردد. نتایج ارائه شده در جدول شماره ۲ حاکی از میزان موفقیت بالای الگوریتم در پیش‌بینی صورت گرفته است. عملکرد مدل در قالب داده‌های تست که توسط مورچه‌ها رویت نشده نیز نتایجی همگن با داده های آموزش داشته است و به سمت طبقه خاصی سوگیری ندارد.

## ۱۰. پیشنهادهای تحقیق

### ۱۰.۱ پیشنهاد برای مخاطبان

۱- سرمایه‌گذاران، تحلیل‌گران مالی، بانک‌های تأمین سرمایه، شرکت‌های سرمایه‌گذاری و کارگزاران بورس اوراق بهادار می‌توانند از مدل ارائه شده در این تحقیق استفاده نمایند. شایان ذکر است که ملاک عمل برای شرکت‌هایی که در این پژوهش ورشکسته تلقی شده‌اند شمولیت ماده ۱۴۱ قانون تجارت بوده است که لزوماً به معنی توقف شرکت‌های مورد بررسی نیست.

۲- استفاده از مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی برخاسته از تحقیقات مشابه می‌تواند شرکت‌های بورس اوراق بهادار را در پذیرش شرکت‌ها و ارزیابی وضعیت مالی آنها یاری دهد، لذا توصیه می‌شود مسئولین مربوطه، این مدل تحقیق را در ارزیابی بدوی شرکت‌ها برای ورود به بورس مورد استفاده قرار دهند.

۳- حسابرسان می‌توانند مدل‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر و مدل‌های مشابه ارائه شده را در ارزیابی و قضاوت در مورد تداوم فعالیت شرکت‌های مورد حسابرسی مورد استفاده قرار دهند.

### ۱۰.۲ پیشنهاد برای تحقیقات آتی

۱- از سایر روش‌های هوش مصنوعی و انبوه‌زی نظیر الگوریتم زنبور عسل در حل مسائلی نظیر پیش‌بینی سبد سهام، پیش‌بینی قیمت و بازده سهام و ورشکستگی شرکت‌ها استفاده گردد.

۲- پیشنهاد می‌شود با توجه به نو بودن بسیاری از روش‌های هوش مصنوعی، با بررسی و مقایسه این دسته از روش‌ها به منظور معرفی یا تعیین روش کاراتر زمینه‌های تحقیقاتی مناسب فراهم آید.

## منابع و مآخذ


۱. تقی زاده، حسن. لعل بخش، پویا. (۱۳۹۳). پیش‌بینی ورشکستگی با الگوریتم کلونی مورچگان، فریماه.

۲. دستگیر، محسن. شفیعی سر دشت، مرتضی. (۱۳۹۰). فناوری داده کاوی؛ رویکردی نوین در حوزه مالی، دانش حسابرسی، سال یازدهم، شماره ۵.

۳. دستگیر، محسن. امید علی، محسن. (۱۳۸۳). بررسی موانع استفاده از حسابداری تورمی، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، سال یازدهم، شماره ۳۵، ص ۶۲ ـ۴۵.


Archive of SID

www.SID.ir

۴. سید عباس زاده، میرمحمد. امانی ساری بگلو، جواد. هیمن خضری، آذر. پاشوی، قاسم. (۱۳۹۱). مقدمه‌ای بر مدل‌یابی معادلات ساختاری به PLS و کاربرد آن در علوم رفتاری، ارومیه، انتشارات دانشگاه ارومیه.
۵. علی خانی، راضیه. مران جوری، مهدی. (۱۳۸۸). مدل‌های پیش‌بینی کننده ورشکستگی شرکتها، مجله حسابدار، شماره ۲۰۸ و ۲۰۹.
۶. فرقان دوست حقیقی، کامبیز. کاظمی، توحید. (۱۳۸۹). الگوریتم مورچه در علوم مالی، مجله حسابدار، سال بیست و پنجم، شماره ۲۲۱.
۷. کرمی، غلامرضا. سید حسینی، سید مصطفی. (۱۳۹۱). سودمندی اطلاعات حسابداری نسبت به اطلاعات بازار در پیش‌بینی ورشکستگی، مجله دانش حسابداری، سال سوم، شماره ۱۰، ص۹۳ تا ۱۱۶.
۸. کلانتری، خلیل. (۱۳۸۷). پردازش و تحلیل داده‌ها در تحقیقات اجتماعی، فرهنگ صبا.
۹. مکیان، سید نظام الدین. المدرسی، سید محمد تقی. کریمی تکلو، سلیم. (۱۳۸۹). مقایسه مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی با روش‌های رگرسیون لجستیک و تحلیل ممیزی در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، سال دهم، شماره ۲، صفحات ۱۶۱-۱۴۱.
۱۰. مومنی، منصور. فعال قیومی، علی. (۱۳۸۷). تحلیل‌های آماری با استفاده از SPSS، کتاب نو.
۱۱. مهرانی، ساسان. نونهال نهر، علی اکبر.(۱۳۹۰). حسابداری عصبی؛ تبیین، تحلیل و ارایه دیدگاهی نوین، دانش حسابرسی، سال یازدهم، شماره ۵، ص ۹۴-۹۵.
۱۲. نیکبخت، محمدرضا. تنانی، محسن. (۱۳۸۶). ارتباط نسبت‌های سودآوری تعدیل شده بر اساس تورم با نرخ بازده سهام شرکت‌های صنعت تصفیه نفت و پتروشیمی بورس اوراق بهادار تهران، پژوهشنامه علوم انسانی و اجتماعی و علوم اقتصادی، سال هفـتم، شماره ۲۴.

1. Altman, E.I. (2000). Predicting Financial Distress of Companies: Revisiting the Z-Score and Zeta Models. New York University.
2. Altman, E.I &Haldeman, R.G, & Narayanan, p. (1977). Zeta analysis: A new model to identify bankruptcy risk of corporations. Journal of Banking and Finance.1,29-54
3. Altman E.I. (1968).Financial Ratios, discriminant Analysis and the prediction of corporate bankruptcy. the Journal of finace Vol. xxIII, No.4
4. Beaver, W.H. (1966) .Financial ratios as predictors of failure. Journal of Accounting Research, 4, Empirical Research in Accounting: Selected Studies: Supp; ement, 71-111.
5. Barbro, Back, Teija, Laitinen, Kaisa, sera, Michiel, van Wezel. (1996). Choosing bankruptcy predictors using discriminant Analysis, Logit Analysis, and Genetic Algorithms. Turku Centre for Computer science, Technical Report No.40.
6. Deakin, E.B. (1972). A discriminant analysis of predictors of Business failure. Journal of Accounting Research, 10:1,167-179.
7. Fornell, C., & Larcker, D.F. (1981). Evaluting structural equations models with unobservable variables and measurement error. Journal of Marketing Research, 18(1), 39-50 Gefen, D.
8. Fulmer, J.G& Moon, J.E.& Gavin, T.A.& Erwin, J,M. (1984). A Bankruptcy classification model for small firms. The Journal of Commercial bank Lending, 66:11, 25-37.
9. Hossein Etemadi, Ali Asghar Anvary Rostamy, Hassan Farajzadeh Dehkordi. (2008). A genetic programming model for bankruptcy prediction: Empirical evidence from Iran (Available online at) www.sciencedirect.com
10. Krzysztof Socha, Marco Dorigo. (2008). Ant Colony optimization For Continuous domains. European journal of operational Research 185 1155 -1173.
11. Khodadadi, Vali, Zandinia, Abolfazl, Nouri, Marzieh. (2010). Application of Ants Colony system for Bankruptcy Prediction of Companies Listed in Tehran stock exchange, Business Intelligence Journal. Vol. 3 No. 2.

Archive of SID

www.SID.ir

12. Manual, J., Freancisco, J. & Felix, A. (2009). Exploring the impact of individualism and uncertainty avoidance in Web-based electronic learning: An empirical analysis in European Higher education. Computers & Education, 52, 588-598.
13. Newton, G.W. (1998). Bankruptcy Insolvency Accounting Practice and procedure, 1: Wiley, pp.21-41
14. Rafael S. Parpinelli, Heitor s.Lopes, and Alex A.Freitas. (2002). Date Mining with an Ant Colony Optimization Algorithm. IEEE Transactions on Evolutionary Computing Vol6, No4.

Archive of SID

www.SID.ir

# Considering the Usage of the Continuous Ant Colony Optimization Algorithm in Predicting Bankruptcy of the Companies Listed in Tehran Stock Exchange Market

**[1]Hassan Taghizadeh*, [2]Mahmood Hematfar**

[1,2]Department of Accounting, Boroujerd Branch, Islamic Azad University, Boroujerd، Iran.

## Abstract

Bankruptcy, as a major event in the commercial life of each economic corporation, can exert deep bad effects on the society and economics. Bankruptcy risk is considered as a worse threat than before for units which cannot express proper and on time behaviors when facing challenges. This research was conducted aiming to build a model to warn the occurrence of such a bad event. In this regard, using the ant colony optimization algorithm, it was attempted to create a model to predict the bankruptcy risk in 1, 2, and 3 years before its occurrence. The statistical population of this research consisted of the companies listed in Tehran stock exchange market over the period of 2005- 2011. The suggested model was presented based on an algorithm known as the continuous ant colony optimization which was used and personalized in this research in the fields of financial issues and bankruptcy. The average precision percentages in terms of training and testing data were 92.8% and 90%, respectively.

Keywords: Bankruptcy - Ant Colony Optimization Algorithms - Continuous Ant Colony Optimization ($ACO_R$)

Archive of SID

www.SID.ir