تابستان ۱۴۰۰، دوره ۶، شماره ۲، پیاپی ۲۱
DOR :20.1001.1.2538161.1400.6.2.4.4

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۲۷
پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۲۲

نوع مقاله: پژوهشی

بهبود مدل تصمیم‌گیری اعتماد مبتنی بر نظریه عدم قطعیت با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی

شیما حکیمی راد*
دانشکده مهندسی کامپیوتر- دانشگاه یزد- یزد- ایران
پست الکترونیکی: shima.hakimirad@stu.yazd.ac.ir

علی محمد لطیف
دانشیار دانشکده مهندسی کامپیوتر- دانشگاه یزد- یزد- ایران
پست الکترونیکی: alatif@yazd.ac.ir

چکیده

در سیستم‌های مدیریت اعتماد، اعتماد به‌عنوان یک هدایت‌گر برای اعتمادکننده تعریف می‌شود. اعتمادکننده در راستای هدف خود، معتمدی را انتخاب می‌کند که دارای حداکثر درجه اعتماد و حداقل خطر باشد. در این مقاله، یک مدل تصمیم‌گیری اعتماد محاسباتی مبتنی بر نظریه عدم قطعیت، بهبود یافته است. برای بهبود، مدل ریاضی جدیدی برای مسئله درجه اعتماد و حداقل خطر، با توجه به سطح اهداف اعتمادکننده و اولویت اجزای اعتماد در زمینه مشخص تعریف می‌شود. این مدل با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی حل می‌شود و راه‌حل بهینه را که مشخص‌کننده حداکثر درجه اعتماد و حداقل خطر است، تولید می‌کند. سپس، درجه اعتماد و درجه خطر گزینه‌های معتمد، بر اساس میزان انحراف منفی که از راه‌حل بهینه دارند، محاسبه می‌شوند. در نهایت، با توجه به درجه اعتمادپذیری و خطرپذیری اعتمادکننده، رتبه نهایی گزینه‌های معتمد محاسبه می‌شود و گزینه معتمد با بالاترین رتبه به‌عنوان معتمد مناسب، انتخاب می‌شود. برای ارزیابی و اعتبارسنجی صحت رفتار مدل، از مجموعه‌ای از سناریوهای شبیه‌سازی استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی، معتمد را متناسب با زمینه، اولویت اجزای اعتماد، سطح اهداف، درجه اعتمادپذیری و درجه خطرپذیری اعتمادکننده تعیین می‌نماید و راه‌حل بهینه‌ای که توسط الگوریتم‌های تکاملی به‌دست می‌آید، معادل با بهترین راه‌حل است.

واژه‌های کلیدی: اعتماد محاسباتی، نظریه عدم قطعیت، درجه اعتماد، درجه حداقل خطر، الگوریتم‌های تکاملی

۱- مقدمه

خدمات اینترنت به طور فزاینده‌ای در زندگی روزمره مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله این خدمات تجارت الکترونیکی، دسترسی به اطلاعات مبتنی بر وب است؛ اما هنوز نگرانی عمده در مورد قابل اعتماد بودن این خدمات وجود دارد]۱[. طراحی یک سیستم و کنترل همه جزئیات سیستم با افزایش اندازه و پیچیدگی سیستم‌های کامپیوتری توسط مغز بشر غیرممکن است. کنترل

* نویسندهٔ مسئول

میلیون‌هـــا تعامـــل رخ‌داده در یک فروشـــگاه الکترونیکی بزرگ و نظارت کردن بر یک سیســـتم اطلاعاتی سازمانی که شـــامل تعداد زیادی از دســـتگاه‌های ناهمگن است و هزاران نفـــر را از نقاط مختلف پوشـــش می‌دهد، پیچیده اســـت. در واقع اعتمـــاد[1] به‌عنـــوان یـــک هدایت‌گر برای اعتمادکننده[2] تعریف می‌شود و گزینه معتمدی[3] را انتخاب می‌کند که دارای دو شرط زیر باشد:

- حداکثر قابلیت اطمینان[4]، دســـترس‌پذیری[5]، شایستگی، اشـــتیاق برای انجام کار، بی‌ضرر بـــودن و حداقل هزینه را با توجه به ســـطح اهـــداف اعتمادکننـــده و اولویت‌های تعریف‌شده توسط اعتمادکننده در هر زمینه[6] داشته باشد.
- با توجه به درجه خطرپذیری اعتمادکننده، دارای حداقل خطر[7] باشد.

اعتماد محاسباتی، سبب می‌شود یک عامل هوشمند به عامل‌های دیگر اعتماد کند و بخشی از وظایفش را به عامل هـــدف در یک محیط چند عامله محول کند. در واقع، محول کردن یک عمل، نتیجه اعتماد اســـت و این اعتماد اســـاس سیســـتم‌های کامپیوتری در مقیاس بزرگ است. مدل‌های اعتماد محاسباتی در سیستم‌های پشتیبان، برای پشتیبانی از کاربران در تصمیم‌گیری‌هـــا به کار می‌رود. این مدل‌ها برای هدایت کاربران در وبگاه‌های برخط به کار می‌رود[۲].

تصمیم‌هـــای واقعی اعتماد در حالت عدم قطعیت انجام می‌شوند. برای مدل کردن اعتماد در این حالت، دو سیستم محاســـباتی نظریه احتمالات و نظریه عدم قطعیت[8] وجود دارد. احتمالات به‌عنوان تکرار، تفســـیر می‌شـــود، اما عدم قطعیت به‌عنوان درجه اعتقاد شـــخصی، تفســـیر می‌شود. از آن‌جایی که نظریه احتمالات بر اســـاس تکرار یک رخداد است، در زمینه‌هایی استفاده می‌شود که تعداد نمونه‌ها زیاد باشد. بنابراین در زمینه‌هایی که تکرار یک رخداد امکان‌پذیر نیست، توزیع احتمالات تخمین‌زده شده مناسب نیست و در چنین زمینه‌هایی مثل محاســـبه مقاومت یک پل، اســـتفاده از نظریه عدم قطعیت مناســـب‌تر اســـت. در این زمینه‌ها از چندیـــن فرد متخصص برای محاســـبه کمیـــت غیرقطعی کمک گرفته می‌شـــود، ســـپس داده‌های جمع‌آوری‌شده از این افراد متخصص، با استفاده از روش‌های تعیین توزیع عدم قطعیت، پارامتری به نام کمیت غیرقطعی را محاســـبه می‌کنند. پیدایش این نظریه در سال ۲۰۰۷ و در ادامه، ۲۰۰۹ توسط لیو[9] بوده است[۳و٤]. نظریه عدم قطعیت، شاخه‌ای از ریاضیات اســـت که با مجهول[10] سروکار دارد. مجهول، اشاره به موقعیت‌هایی دارد که خروجی نمی‌تواند به طور دقیق پیش‌بینی شود. بعضی از افراد معتقدند که احتمالات ذهنی می‌تواند در این موارد اســـتفاده شـــود، اما لیو ثابت کرده است که استفاده از چنین احتمالاتی برای مدل کردن درجه اعتقاد، ممکن است منجر به نتایج غیرمنطقی و خلاف عقل شـــود[۵]. لیو معتقد اســـت که نظریه عدم قطعیت یکی از بهتریـــن نظریه‌ها برای مدل کردن عدم قطعیت اســـت و مثال‌هایی بـــرای اثبات تفاوت آن بـــا نظریه‌های فازی[11] و احتمالات ارائه می‌دهد[٦]. لیو همچنین نشان داده است که در بسیاری از موقعیت‌هایی که نظریه‌های فازی و احتمالات، نتایج خلاف عقلی تولید می‌کنند، نظریه عدم قطعیت، توانایی خوبی برای مدل کردن این موقعیت‌های غیرقطعی دارد[۷]. در ایـــن مقاله از نظریـــه عدم قطعیت به‌عنـــوان چارچوب محاسباتی اعتماد استفاده می‌شود[۸].

اگرچه بسیاری از مدل‌های اعتماد دارای مزایایی هستند، اما دارای محدودیت‌هایی از جمله، دقیق نبودن مقدار اعتماد محاسبه‌شده، عدم بررسی مسئله خطر در انتخاب معتمد، عدم بررســـی توصیه‌کننده‌های بدخـــواه[12]، تعریف نکردن درجه خطرپذیـــری برای هر اعتمادکننـــده، تعریف اعتماد به‌عنـــوان یک مفهـــوم واحد و عدم بررســـی ابعاد مختلف اعتماد و تعیین نشـــدن اولویت[13] بـــرای هر بعد با توجه به زمینه مدل است. برای غلبه بر بعضی از این محدودیت‌ها،

1- Trust
2- Trustor
3- Candidate trustee
4- Reliability
5- Availability
6- Context
7- Risk
8- Uncertainty theory
9- Liu
10- Indeterminacy
11- Fuzzy
12- Malicious recommender
13- Priority

در مقالــه‌ای، یک مدل اعتماد جدید که مبتنی بر نظریه عدم قطعیت است، معرفی شده است که محدودیت‌های ذکرشده را برطرف کرده است[۹].

در تابع تصمیم‌گیری این مــدل، از برنامه‌ریزی هدف غیرقطعی[14]، برای محاسبه بیش‌ترین درجه اعتماد و حداقل خطر اســتفاده شده اســت. برنامه‌ریزی هدف، یک سطح هدف و اولویت بــرای هر یک از اجزای اعتماد با توجه به زمینه کار تعریف می‌کند. در نهایت بر اســاس دو پارامتر اولویت و ســطح هدف، بیش‌ترین درجه اعتماد و کم‌ترین خطر محاســبه می‌شــود. در نهایت، معتمدی که کم‌ترین انحــراف را از جواب بهینه دارد، به‌عنــوان بهترین معتمد شــناخته می‌شود. حل این مدل تصمیم‌گیری با استفاده از برنامه متلب توانسته اســت راه‌حل بهینه‌ای که نزدیک به بهترین جواب اســت بیابد، اما قادر به یافتن بهترین جواب نیســت. در این مقاله سعی شده اســت تابع تصمیم‌گیری مدل ذکرشــده با اســتفاده از الگوریتم‌های تکاملی بهبود یابد. در واقع، مدل تصمیم‌گیری جدیدی طبق برنامه‌ریزی خطی ارائه شــده اســت که برای حل آن از الگوریتم‌های تکاملی استفاده شده اســت و خروجی آن، بهترین جواب را تولید می‌کند که نســبت بــه برنامه‌ریزی هدف، کارآیی بهتری دارد.

ادامه این مقاله، طبق ترتیب زیر اســت. در بخش دوم، دانش پیش‌زمینه مورد نیاز مرتبــط با اعتماد، نظریه عدم قطعیت و الگوریتم‌های تکاملی آورده شــده اســت. بخش ســوم به معرفــی مدل پیشــنهادی تخصیص داده شــده اســت. در این بخش، تابع تصمیم‌گیری اعتماد و خطر طبق برنامه‌ریزی خطی مدل می‌شود. در بخش چهارم، نتایج حل مدل با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی مختلف آورده شده اســت و این نتایج با نتیجه حل مدل، توســط برنامه‌ریزی هدف مقایسه شده اســت. بخش پنجم نیز به ارزیابی مدل پیشنهادی اختصاص یافته است. در نهایت در بخش ششم، به جمع‌بندی مطالب پرداخته شده است.

14- Uncertain goal programming

۲- کلیات و پیشینه

در این بخش، مفاهیم اولیه اعتماد، نظریه عدم قطعیت و الگوریتم‌های تکاملی بیان شده است.

۲-۱- مفاهیم اولیه اعتماد

مبنای این مقاله، مدل‌های اعتماد است. بنابراین در این بخش، مفاهیم اولیه اعتماد شــامل تعریف اعتماد، ساختار اعتماد، ابعاد ارزیابی اعتماد و جنبه‌های کمّی اعتماد مطرح می‌شود[۱۰].

۲-۱-۱- تعریف اعتماد

- تعریــف گامبتــا[15]: اعتماد، یک احتمال ذهنی به وســیله شخص a اســت که این شخص، انتظار دارد شخص دیگر (b)، عملی که آسایش a به آن وابسته است را انجام دهد.
- تعریف مــارش[16]: x به y اعتماد می‌کند، اگر و فقط اگر x انتظار داشته باشــد که y می‌خواهد بر طبق علاقه x رفتار کند و برای ضرر رساندن به x تلاشی نمی‌کند.

۲-۱-۲- ساختار اعتماد

اعتمــاد در واقع، یک ســاختار رابطه‌ای بین موارد زیر است:

۱.عامل x (اعتمادکننده): این عامــل، لزوماً یک نهاد عمدی اســت، یک عامل شــناختی با اجزاء روحــی (اعتقادات، هدف‌ها و انگیزه‌ها) است.

۲.مخاطــب y (معتمد): یک عامل اســت که توانــا به ایجاد بعضی اثرات است.

۳.فرآیند سببی (عمل یا عملکرد) و نتیجه‌اش: یک عمل a از y که خروجی p را تولید می‌کند و مثبت یا دلخواه اســت، زیرا شامل هدف x است.

٤.هــدف g: در حقیقت، یک عنصر از مفهوم اعتماد و رابطه است که در بعضی مواقع حذف می‌شود.

٥.زمینه: محیط یا موقعیتی که x به y اعتماد می‌کند و جایی که فرض می‌شود y وظیفه‌اش را درک کرده است.

اعتماد، از ســه لایه تشکیل شده است که لایه دوم آن، لایــه تصمیم بــه اعتماد کردن بر اســاس درجه اعتماد به

15- Gambetta
16- Marsh

دست آمده در لایه اول است که این درجه اعتماد، بر اساس ارزیابی گزینه معتمد و انتظاراتی که از آن دارد، محاسبه می‌شود. در نهایت، لایه سوم اعتماد، عمل اعتماد کردن و ایجاد رابطه اجتماعی بین اعتمادکننده و معتمد است.

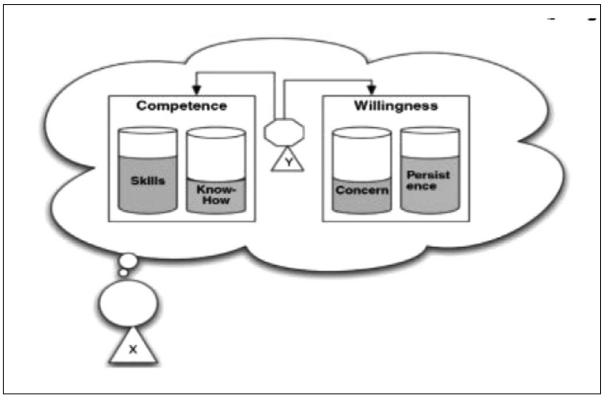
۲-۱-۳- ابعاد ارزیابی اعتماد

برای ارزیابی معتمد، پارامترهای زیر در نظر گرفته شده است و در شکل (۱-۱) آورده شده است.

- شایستگی: مجموعه‌ای از کیفیت‌ها است که y را برای وظیفه t توانمند می‌سازد.
- قدرت‌های داخلی y: مهارت‌ها، تخصص‌ها، دانش و اعتماد به نفس.
- قابل پیش‌بینی بودن و مشتاق بودن: دومین بعد اساسی، قابل اطمینان بودن و قابل پیش‌بینی بودن است. او فقط توانا به انجام دادن عمل نیست، بلکه می‌خواهد واقعاً عمل مورد نیاز را انجام دهد. عامل y مشتاق است، یعنی واقعاً قصد انجام عمل a برای رسیدن به هدف g را دارد و پافشاری می‌کند.
- بی‌ضرر بودن:y باید نسبت به x خیرخواه باشد.

۲-۱-۴- جنبه‌های کمّی اعتماد

در بخش قبل، اعتماد از جنبه‌های کیفی بررسی شد، اجزاء شناختی اعتماد و ارتباط بین آن‌ها بررسی شد. وقتی x به y اعتماد می‌کند، جنبه‌های متفاوتی از قابل اعتماد بودن را در نظر می‌گیرد، مثل توانایی، اشتیاق و همزمان مقادیر این ارزیابی‌ها را نیز در نظر می‌گیرد. اگر وزن هر عنصر کافی باشد، ارزیابی می‌شود که y برای اعتماد کردن مناسب است. در واقع درجه اعتماد از طرفی، درجه تخمینی کیفیت نسبت داده شده به y بر پایه انتظارات مثبت است و از طرفی، تابعی از میزان قابلیت اطمینان ذهنی اعتقادات مربوطه است. اولین جزء، سطح کمّی کیفیت y را بررسی می‌کند. برای مثال، اگر x در حال ارزیابی کردن توانایی y باشد، باید مقادیر پیوسته یا گسسته مختلفی را انتخاب نماید. این مقادیر می‌توانند عددی یا کیفی باشند، مثل ضعیف، خوب و کافی. دومین جزء، درباره میزان



شکل ۱: ابعاد ارزیابی اعتماد[۱۰]

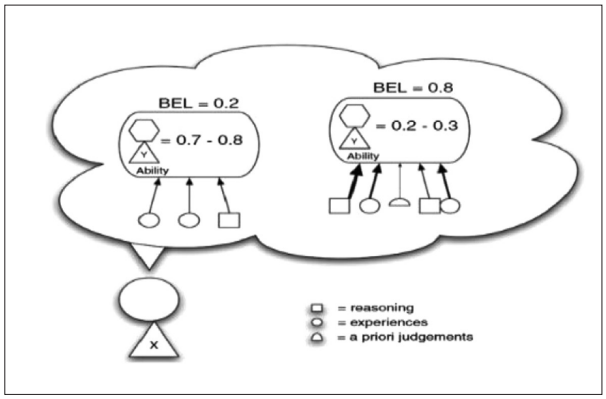
قابلیت اطمینان ذهنی این اعتقادات است که مشخص‌کننده این است که x چه مقدار از اعتقادات ارزیابی درباره کیفیت y مطمئن است که در شکل ۲ نشان داده شده است. درجه اعتماد اعتمادکننده x نسبت به معتمد y برای انجام وظیفه t با نماد dot_{xyt} نمایش داده می‌شود. dot_{xyt} مقداری بین صفر و یک است که اگر صفر باشد، یعنی هیچ اعتمادی وجود ندارد و اگر یک باشد، به معنی اعتماد کامل است. در واقعیت، همیشه به عامل با اعتماد وکالت داده نمی‌شود. ممکن است ترجیح داده شود یک شریک که قابل اعتمادترین نیست، انتخاب شود، زیرا در اینجا پارامترهای دیگری مثل هزینه و خطر مطرح است. برای مثال، شایسته‌ترین و قابل اعتمادترین دکتر ممکن است هزینه بالایی داشته باشد یا اصلا در دسترس نباشد. بنابراین برای تصمیم به اعتماد کردن، فقط درجه اعتماد مهم نیست، عوامل دیگری از جمله خطر نیز مهم است.

۲-۲- نظریه عدم قطعیت

در این مقاله، مدل اعتماد پیشنهادی، مبتنی بر نظریه عدم قطعیت است که در این بخش، مفاهیم اولیه این نظریه بیان می‌شود[۸].

۲-۲-۱- رویداد

اگر G یک مجموعه غیرتهی و £ یک مجموعه جبری از زیرمجموعه‌های G باشد، آنگاه (£,G) یک فضای قابل اندازه‌گیری نامیده می‌شود و هر عنصر L در £ یک رویداد نامیده می‌شود.



شکل ۲: اعتقادات x درباره توانایی y [۱۰]

۲-۲-۲- معیار عدم قطعیت[17]

معیار عدم قطعیت M روی مجموعه جبری £ تعریف شده است. $M\{\Lambda\}$ در واقع نشان‌دهنده درجه اعتقادی است که L می‌خواهد رخ دهد. بدون شک این مقدار تصادفی نیست و معیار عدم قطعیت M باید ویژگی‌های مشخصی داشته باشد.

لیو، سه اصل زیر را در نظر می‌گیرد:

اصل ۱: (اصل حالت عادی) $M\{\Gamma\} = 1$

اصل ۲: (اصل دوگانگی) برای هر رویداد، $M\{\Lambda\} + M\{\Lambda^c\} = 1$ است.

اصل ۳: (اصل زیرجمعی) برای هر دنباله قابل شمارشی از رویدادهای Λ_1 و Λ_2 و . . . وΛ_n، رابطه (۱-۱) برقرار است.

$$M\{\bigcup_{i=1}^{\infty}\Lambda_i\} \leq \sum_{i=1}^{\infty} M\{\Lambda_i\}$$

۲-۲-۳- فضای عدم قطعیت[18]

اگر Γ یک مجموعه غیرتهی، £ یک مجموعه جبری از زیرمجموعه‌های G باشد و M یک معیار عدم قطعیت باشد، سپس سه جزئی $(\Gamma, £, M)$ یک فضای عدم قطعیت نامیده می‌شود.

۲-۲-۴ متغیر غیرقطعی[19]

یک متغیر غیرقطعی، یک تابع ξ از یک فضای غیرقطعی $(\Gamma, £, M)$ به مجموعه‌ای از اعداد حقیقی است.

17- Uncertain measure
18- Uncertain space
19- Uncertain variable

۲-۲-۵- توزیع غیرقطعی[20]

توزیع غیرقطعی (Φ) یک متغیر غیرقطعی (ξ)، برای هر مقدار واقعی X، طبق رابطه (۱-۲) تعریف شده است.

$$\Phi(x) = M\{\xi \leq x\} \qquad (۱-۲)$$

۲-۲-۶- مقدار مورد انتظار[21]

مقدار مورد انتظار ξ، در واقع مقدار میانگین متغیر غیرقطعی است و اندازه متغیر غیرقطعی را نشان می‌دهد. اگر یک متغیر غیرقطعی باشد، مقدار مورد انتظار ξ بنابر رابطه (۱-۳) تعریف می‌شود.

$$E[\xi] = \int_0^{+\infty} M\{\xi \geq x\}dx - \int_{-\infty}^{0} M\{\xi \leq x\}dx \qquad (۱-۳)$$

۲-۲-۷- بردار عدم قطعیت[22]

یک بردار عدم قطعیت k بعدی، یک تابع ξ است که نگاشت بین یک فضای عدم قطعیت $(\Gamma, £, M)$ و مجموعه‌ای از بردارهای حقیقی k بعدی است، به طوری که $\{\xi \in B\}$ یک رویداد برای هر مجموعه k بعدی B است.

۲-۲-۸- برنامه‌ریزی هدف عدم قطعیت

برنامه‌ریزی هدف، به‌عنوان یک مدل توافقی مخصوص برای بهینه‌سازی چندمنظوره در نظر گرفته شده است و در انواع گسترده‌ای از مسائل جهان واقعی کاربرد دارد. در مسائل تصمیم‌گیری چندمنظوره، فرض می‌شود که تصمیم‌گیرنده توانا به اختصاص دادن یک سطح هدف برای هر هدف است و ایده کلیدی آن به حداقل رساندن انحرافات (مثبت، منفی، هر دو) از سطوح هدف است. اهداف معمولا ناسازگار هستند و به منظور به تعادل رساندن میان چندین هدف متضاد یک تصمیم‌گیرنده ممکن است اولویتی برای هر یک از اهداف قرار دهد. برای مسائل تصمیم‌گیری چندمنظوره با پارامترهای عدم قطعیت، لیو و چن[23]، یک برنامه‌ریزی هدف عدم قطعیت، طبق رابطه ۱ پیشنهاد دادند [۱۱].

20- Uncertain distribution
21- Expected value
22- Uncertain vector
23- Chen

$$\begin{cases} min\sum_{j=1}^{l} p_j \sum_{i=1}^{m}(u_{ij}d_i^+ + v_{ij}d_i^-) \\ subject\ to: \\ \quad E[f_i(x,\xi) + d_i^- - d_i^+ = b_i, \quad i = 1,2,\dots,m \\ \quad M\{g_j(x,\xi) \le 0\} \ge \alpha_j, \quad j = 1,2,\dots,p \\ \quad d_i^+, d_i^- \ge 0, \quad i = 1,2,\dots,m \end{cases} \qquad (۱-۴)$$

که p_j فاکتور اولویت اســت که اهمیت نســبی اهداف مختلف را نمایش می‌دهد. برای هر j، $p_j \gg p_{j+1}$ اســت. u_{ij} فاکتور وزن مطابق با انحراف مثبت برای هدف i با اولویت j، v_{ij} فاکتــور وزن مطابق با انحراف منفی برای هدف i با اولویت j است. d_i^+ انحراف مثبت از هدف i، f_i، یک تابع در محدودیت‌های هدف، g_j یک تابع در محدودیت‌های واقعی، b_i مقدار هدف مطابق با هدف i، i تعداد اولویت‌ها، m تعداد محدودیت‌های هدف و p تعداد محدودیت‌های واقعی است. انحراف مثبــت و منفی از رابطه (۱-۵) و (۱-۶) محاســبه می‌شود.

$$d_i^+ = \begin{cases} E[f_i(x,\xi)] - b_i, & if\ E[f_i(x,\xi)] > b_i \\ 0, & otherwise \end{cases} \qquad (۱-۵)$$

$$d_i^- = \begin{cases} b_i - E[f_i(x,\xi)], & if\ E[f_i(x,\xi)] < b_i \\ 0, & otherwise \end{cases} \qquad (۱-۶)$$

۲-۳- الگوریتم‌های تکاملی

در ایــن مقاله، به دنبال یافتن معتمد با بیش‌ترین درجه اعتماد و حداقل خطر هســتیم. از آن‌جایی‌که الگوریتم‌های تکاملی در مسائل تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی کاربرد دارد، بــرای حل مدل تصمیم‌گیری ارائه‌شــده از این الگوریتم‌ها استفاده شده است. در این بخش، مفاهیم اولیه الگوریتم‌های تکاملی مورد استفاده در این مقاله، بیان می‌شود.

۲-۳-۱- الگوریتم ژنتیک

در ســال ۱۹۷۷، یک ایده در زمینه بهینه‌سازی، توسط هلند[24] ارائه شــد که برای حل مســائل بهینه‌سازی، مفاهیم تکامل در طبیعت را شبیه‌ســازی می‌کــرد [۱۲]. ایده کلی الگوریتم ژنتیک ساده اســت. این ایده از انتخاب، ترکیب و جهش ژن‌ها در طبیعت تقلید می‌کند. در حقیقت، این الگوریتم از نظریه تکامل داروین الهام گرفته است.

در الگوریتــم ژنتیــک، فرآیند بهینه‌ســازی بــا ایجاد مجموعــه‌ای از راه‌حل‌های تصادفــی به‌عنوان راه‌حل‌های کاندید برای یک مســئله بهینه‌سازی شــروع می‌شود. هر متغیــر مســئله، به‌عنــوان ژن و مجموعــه‌ای از متغیرها به‌عنوان کروموزوم شناخته می‌شود. شبیه به طبیعت، یک تابع هزینه، برازندگی هر کروموزوم را مشخص می‌کند. کل مجموعه راه‌حل‌ها به‌عنوان یک جمعیت شناخته می‌شوند. وقتی برازندگی کروموزوم‌ها محاســبه می‌شــود، بهترین کروموزوم‌ها برای ایجاد جمعیت بعدی انتخاب می‌شــوند. گام بعدی، ترکیب کروموزوم‌های انتخاب‌شــده اســت. در ایــن گام، ژن‌های دو کروموزوم به صورت تصادفی برای تولید کروموزوم جدید ادغام می‌شوند. سرانجام بعضی از ژن‌هــای کروموزوم‌ها به طور تصادفی برای ایجاد جهش تغییر می‌کنند [۱۳].

الگوریتم ژنتیک یک تکنیک بهینه‌ســازی برجســته در مقایسه با رویکردهای قطعی است [۱۴]. علت آن، جلوگیری از قرارگرفتن در بهینه محلی اســت [۱۵]. عیب این روش، ذات تصادفی این الگوریتم است که در هر اجرا، راه‌حل‌های متفاوتــی تولید می‌کند. اما با این وجــود، الگوریتم ژنتیک به‌عنوان یک تکنیک حل مسئله قابل اطمینان[25] در مقایسه با روش‌های قطعی است [۱۶].

۲-۳-۲- الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات

این الگوریتم اولین بار توســط Kennedy و Eberhart مطــرح گردید [۱۷]. آن‌ها این الگوریتــم را PSO نام نهادند زیرا از روی رفتــار گروهی پرندگان در زمان پرواز الهام گرفته شــده بود. در این روش هر پاسخ x به صورت یک ذره نمایش داده می‌شود. در این روش، معادله سرعت سبب حرکت ذرات به سمت جواب بهینه می‌شود. در شبیه‌سازی این الگوریتم، رفتار هر ذره می‌تواند تحت تاثیر بهترین ذره و یا بهترین موقعیت خودش باشــد. به طور کلی اگر $\vec{x}_i(t)$ نشان‌دهنده موقعیت ذره p_i در فضای جستجو در لحظه t باشد، موقعیت p_i با افزودن سرعت $\vec{v}_i(t)$ به موقعیت فعلی طبق رابطه (۱-۷) تغییر می‌کند [۱۸و۱۹].

$$\vec{x}_i(t) = \vec{x}_i(t-1) + \vec{v}_i(t) \qquad (۱-۷)$$

24- Holland

25- Reliable

$$\vec{v}_i(t) = \vec{v}_i(t-1) + c_1 r_1 \left(\vec{P}_{bi} - \vec{x}_i(t-1)\right) + c_2 r_2 \left(\vec{P}_{gi} - \vec{x}_i(t-1)\right) \quad (۸-۱)$$

که طبق رابطه (۵)، $\vec{v}_i(t)$ بردار سرعت در گام tام، c_1 و c_2 مقادیر ثابت مثبت و r_1 و r_2 اعدادی تصادفی هستند که در بازه [۰,۱] تولید می‌شوند. پارامترهای P_{b_i} و P_{g_i} به ترتیب نشان‌دهنده موقعیت بهترین تجربه شخصی و جمعی است. به منظور ایجاد قابلیت بهتر جستجو، پارامتری به نام اینرسی (w) در پارامتر سرعت به الگوریتم طبق رابطه (۹-۱) اضافه می‌گردد[۲۰].

$$\vec{v}_i(t) = w\vec{v}_i(t-1) + c_1 r_1 \left(\vec{P}_{bi} - \vec{x}_i(t-1)\right) + c_2 r_2 \left(\vec{P}_g - \vec{x}_i(t-1)\right) \quad (۹-۱)$$

اینرسی، تاثیر سرعت ذرات در گام قبل را بر سرعت فعلی تعیین می‌کند. به این ترتیب که با مقادیر بزرگی از اینرسی، قابلیت جستجوی عمومی الگوریتم، بهبود یافته است و فضای بیش‌تری مورد بررسی قرارمی‌گیرد. با مقادیر کوچک اینرسی، فضای مورد بررسی محدود شده است و جستجو در این فضای محدودشده صورت می‌گیرد. به همین دلیل الگوریتم با مقدار بزرگی از اینرسی شروع به حرکت می‌کند که سبب جستجوی گسترده فضا در ابتدای اجرا شده و به مرور درطول زمان کاهش می‌یابد که سبب تمرکز جستجو در فضای کوچک در گام‌های پایانی می‌شود.

در ابتدا ذرات به طور تصادفی در کل فضای جستجو مقداردهی می‌شوند که این موقعیت‌های اولیه به‌عنوان بهترین تجربه شخصی ذرات نیز شناخته می‌شوند. در گام بعد بهترین ذره از میان ذرات، انتخاب شده است و به‌عنوان بهترین پاسخ شناخته می‌شود. سپس ذرات در فضای جستجو حرکت می‌کنند تا زمانی که شرط خاتمه یابد. حرکت ذره شامل اعمال معادله سرعت به گروه ذرات است که موقعیت هر ذره بر اساس آن تغییر می‌کند.

۲-۳-۳- الگوریتم ملخ

در این الگوریتم، فرآیند بهینه‌سازی با ایجاد مجموعه‌ای از موقعیت‌های ملخ به‌عنوان راه‌حل‌های نامزد برای مسئله بهینه‌سازی شروع می‌شود. هر راه‌حل به‌عنوان موقعیت یک ملخ شناخته می‌شود. موقعیت هر ملخ، ارزیابی می‌شود و برازندگی ملخ‌ها محاسبه می‌شود، بهترین ملخ به‌عنوان هدف شناخته می‌شود. تا زمانی که شرط توقف برقرار نشده است، برای هر ملخ، موقعیت آن به‌روزرسانی می‌شود و برازندگی ملخ جدید دوباره بررسی می‌شود. اگر برازندگی ملخ جدید بهتر از ملخ هدف باشد، ملخ جدید به‌عنوان هدف قرار می‌گیرد. اگر شرط توقف برقرار نشده است، دوباره این مراحل تکرار می‌شود. حرکت ملخ طبق رابطه (۱-۱۰) ارائه شده است که x_i موقعیت ملخ iام است که شامل پارامترهای تعامل اجتماعی (S_i)، نیروی جاذبه روی ملخ iام (G_i) و حرکت باد (A_i) است.

$$x_i = S_i + G_i + A_i \quad (۱۰-۱)$$

S_i بنابر رابطه (۸) محاسبه می‌شود که d_{ij} فاصله بین ملخ iام و jام است که $d_{ij} = |x_j - x_i|$ و $\widehat{d_{ij}} = \frac{x_j - x_i}{d_{ij}}$ یک بردار واحد از ملخ iام به ملخ jام است.

$$S_i = \sum_{j=1}^{N} s(d_{ij})\widehat{d_{ij}} \quad (۱۱-۱)$$

تابع s که نیروی اجتماعی را محاسبه می‌کند طبق رابطه (۱-۱۲) محاسبه می‌شود.

$$s(r) = fe^{\frac{-r}{l}} - e^{-r} \quad (۱۲-۱)$$

مدل ریاضی رابطه (۱-۱۰) نمی‌تواند به طور مستقیم برای حل مسئله بهینه‌سازی استفاده شود، زیرا توده جمعیت ملخ‌ها به یک نقطه مشخص همگرا نمی‌شوند. یک نسخه اصلاح‌شده از رابطه (۱-۱۰)، رابطه (۱-۱۳) است که برای حل مسائل بهینه‌سازی استفاده می‌شود.

$$x_i^d = c\left(\sum_{j=1}^{N} c\frac{ub_d - lb_d}{2} s\left(\left|x_j^d - x_i^d\right|\right)\frac{x_j - x_i}{d_{ij}}\right) + \widehat{T_d} \quad (۱۳-۱)$$

در رابطه (۱-۱۳)، ub_d بیش‌ترین مقدار متغیر تصمیم در بعد dام است و lb_d کم‌ترین مقدار متغیر تصمیم در بعد dام است. $\widehat{T_d}$ بهترین راه‌حلی است که تاکنون یافت شده است. c ضریب کاهشی است که برای کوچک کردن فضای جستجو از آن استفاده می‌شود. مؤلفه s نیز شبیه به مؤلفه s در رابطه (۱-۱۱) است. در رابطه (۱-۱۳)، مؤلفه G بررسی نمی‌شود و فرض می‌شود که جهت باد (مؤلفه

A) همیشـــه همان مقدار $\widehat{T_d}$ است. c اول در رابطه (۱-۱۳)، نقش اینرســی (w) در رابطه (۱-۹) را دارد و c دوم فضای جــذب بین ملخهـــا را کاهش می‌دهد. مقــدار c بنابر رابطه (۱-۱٤) محاســبه می‌شود که $cmax$ بیش‌ترین مقدار است، $cmin$ کم‌ترین مقدار اســت، I تکرار چندم اســت را نشـــان می‌دهد و L بیش‌ترین تعداد تکرار است[۲۱].

$$c = c_{max} - l\frac{c_{max}-c_{min}}{L} \qquad (۱-۱٤)$$

۲-۳-۴- الگوریتم زنبور

الگوریتــم زنبور، یــک الگوریتم جســتجوی مبتنی بر جمعیت است که در سال ۲۰۰۵ توسعه یافت. این الگوریتم، تقلید رفتار زنبورهای عســل در یافتن غذا اســت. در این الگوریتم، هر راه‌حل نامزد به‌عنوان یک منبع غذایی اســت و جمعیت که شامل n زنبور است، برای جستجوی فضای راه‌حل استفاده می‌شــود. هر بار که زنبور عسل یک منبع غذایی پیدا می‌کند یعنی به یک راه‌حل می‌رسد و برازندگی آن را محاســبه می‌کند. الگوریتم زنبور عســل شامل یک چرخه جســتجو است که از ٥ گام اســتفاده می‌کند و این چرخه T بار تکرار می‌شــود یا تا زمانی تکرار می‌شود که یک راه‌حل قابل قبول یافت شود.

هر چرخه جستجو از ٥ گام استخدام، جستجوی محلی، کوچک شدن محل، متروکه شــدن محل و جستجوی کلی تشــکیل شــده اســت. در واقع در این الگوریتم، ns زنبور دیده‌بان به طور تصادفی در فضای جستجو قرار می‌گیرند و برازندگی محلی که درآن قرار دارند را محاسبه می‌کنند. هر منبع غذایی یک راه‌حل است.

در گام اســتخدام، دیده‌بان‌هایی که به تعداد $nb <= ns$ هستند و به راه‌حل ها با برازندگی بالا (مکان‌ها با شهد بالا) مراجعــه کرده‌اند، رقصی را انجــام می‌دهند. با این رقص، کاوش‌گرهایی را استخدام می‌کنند تا به جستجوی مکان‌های دور از مکان‌های امیدوارکننده بروند. دیده‌بان‌های واقع در مکان‌های برگزیده (ne) که $ne <= nb$ است، هر کدام nre کاوش‌گر اســتخدام می‌کنند. در حالی‌که $nb - ne$ دیده‌بان باقی‌مانده، هر کدام $nrb <= nre$ کاوش‌گر استخدام می‌کنند.

در گام جســتجوی محلی، کاوش‌گرهای استخدام‌شده به طور تصادفی در تکه‌های گل، پراکنده شده‌اند و راه‌حل‌های مراجعه‌شده توسط دیده‌بان‌ها را بررسی می‌کنند. اگر یکی از کاوش‌گرها راه‌حل مناسب‌تری نسبت به راه‌حل ارائه‌شده توســط دیده‌بان ارائه دهد، کاوش‌گر دیده‌بان می‌شود. اگر کاوش‌گر دیگری راه‌حل بهتــری ارائه ندهد، اندازه تکه گل کوچک می‌شود (گام کوچک شدن مکان).

در نتیجه، حوزه اکتشــاف محلی به تدریج روی محل نزدیک به بهترین محل متمرکز می‌شــود. اگر هیچ بهبودی در برازندگی تکه گل ثبت نشــود، این ماکزیمم برازندگی، محلی فرض می‌شــود. ایــن محل متروکــه می‌ماند و یک دیده‌بان جدید به طور تصادفی حاصل می‌شود. تعداد کمی از دیده‌بان‌ها به جستجوی فضای راه‌حل برای یافتن مناطق جدید با برازندگی بالا ادامه می‌دهند (گام جستجوی کلی).

در گام جســتجوی کلــی، تعــداد $ns - nb$ راه‌حــل به‌وجودآمده تصادفی، دوباره مقداردهی می‌شود. در پایان یک چرخه جستجو، جمعیت دیده‌بان‌ها دوباره برابر با ns می‌شود، زیرا در روش جستجوی محلی، nr دیده‌بان ایجاد می‌شود و در روش جستجوی کلی، $ns - nb$ دیده‌بان ایجاد می‌شود. یکی از مزیت‌های این مدل جلوگیری از قرارگرفتن در بهینه محلی است [۲۲و۲۳].

۳- تشریح مدل تصمیم‌گیری اعتماد پیشنهادی

در این مقاله، یک مدل تصمیم‌گیری اعتماد جدید مبتنی بر نظریه عدم قطعیت و الگوریتم‌های تکاملی ارائه شده است.

در هنگام تصمیم‌گیری به اعتمــاد کردن به یک معتمد از بین چندین گزینه معتمد، بایستی دو ویژگی مهم زیر در نظر گرفته شود:

۱- حداکثر درجه اعتماد لازم را داشته باشد.

۲- خطــر دریافتی از این معتمد نیز متناســب با درجه خطرپذیری اعتمادکننده حداقل باشد.

۳-۱- بررسی درجه اعتماد معتمد

اعتماد در این مقاله، یک بردار عدم قطعیت در نظر گرفته

شده است که متغیرهای عدم قطعیت این بردار، ویژگی‌های معتمد، مثل در دسترس بودن، قابلیت اطمینان، شایستگی، مشتاق بودن برای انجام کار در جهت رسیدن به هدف اعتمادکننده، بی‌ضرربودن و هزینه معتمد است. فرض می‌شود که اعتمادکننده برای رسیدن به هدفش، بایستی معتمدی را انتخاب کند که دسترس‌پذیری (ξ_1) آن بالاتر از b_1، قابلیت اطمینان (ξ_2) آن بالاتر از b_2، شایستگی (ξ_3) آن بالاتر از b_3، مشتاق بودن (ξ_4) آن بالاتر از b_4، بی‌ضرر بودن معتمد (ξ_5) بالاتر از b_5 و هزینه آن کمتر از b_6 باشد. برای هر هدف، اولویتی (p_i) در نظر گرفته می‌شود که میزان این اولویت به زمینه کار این مدل وابسته است، مثلا اگر این مدل در زمینه پزشکی استفاده می‌شود، قابلیت اطمینان، اولویت بالایی دارد و p_2 مقدارش باید از همه بالاتر باشد. اگر در زمینه تجارت الکترونیکی استفاده می‌شود، دسترس‌پذیری آن از اولویت بالایی برخوردار است و p_1 مقدارش باید از همه بالاتر باشد.

در [۹]، برای بررسی معتمد مناسب، مسئله اعتماد طبق برنامه‌ریزی هدف رابطه (۱۲) مدل شده است. در نهایت، طبق حل این مدل، بردار تصمیم x به‌دست آمده، کم‌ترین انحرافات را از مقادیر هدف تعیین‌شده $(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6)$ دارد و معتمدی که مقادیر مورد انتظار بردار عدم قطعیت آن نزدیک به بردار تصمیم x باشد، به‌عنوان معتمد با درجه اعتماد مناسب انتخاب می‌شود.

$$\begin{cases} min p_1\, d_1^- + p_2\, d_2^- + p_3\, d_3^- + p_4\, d_4^- + p_5\, d_5^- + p_6\, d_6^+ \\ subject\ to: \\ \quad E\left[\xi_{x_i}\right] + d_i^- - d_i^+ = b_i \\ \quad p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 = 1 \end{cases} \qquad (۱۵-۱)$$

در این مقاله، برای بررسی معتمد مناسب، مسئله اعتماد طبق برنامه‌ریزی خطی رابطه (۱۳) مدل شده است. در نهایت، طبق حل این مدل با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی، بردار تصمیم x به‌دست آمده، بهینه‌ترین راه‌حل است و معتمدی که مقادیر مورد انتظار بردار عدم قطعیت آن نزدیک به بردار تصمیم x باشد و انحراف آن از جواب بهینه، کم‌ترین باشد به‌عنوان معتمد با درجه اعتماد مناسب انتخاب می‌شود. از الگوریتم ۱ برای محاسبه درجه اعتماد بهینه با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و الگوریتم‌های تکاملی استفاده می‌شود.

(۱۶-۱)

$$\begin{cases} maximize\, p_1 E\left[\xi_{x_1}\right] + p_2 E\left[\xi_{x_2}\right] + p_3 E\left[\xi_{x_i}\right] + p_4 E\left[\xi_{x_i}\right] + p_5 E\left[\xi_{x_i}\right] - p_6 E\left[\xi_{x_i}\right] \\ subject\ to: \\ \quad b_i \le E\left[\xi_{x_i}\right] \le 1 \quad for\ i = 1,2,\ldots,5 \\ \quad 0 \le E\left[\xi_{x_6}\right] \le b_6 \\ \quad p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 = 1 \\ 0 < p_6 \le a \quad if\ \left(p_1 E\left[\xi_{x_1}\right] + p_2 E\left[\xi_{x_2}\right] + p_3 E\left[\xi_{x_i}\right] + p_4 E\left[\xi_{x_i}\right] + p_5 E\left[\xi_{x_i}\right] - aE\left[\xi_{x_i}\right]\right) > 0 \end{cases}$$

Algorithm 1 : Obtaining optimized trust degree based on linear programming and evolution algorithms
Inputs:
1. x is a decision vector
2. ξ x is an uncertain vector
3. Pj is priority factor which expresses the relative importance of various goals.
4. bi is the target value according to goal i
output:
1. $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ is optimal solution
Compute optimal solution according to equation 16
Return optimal solution $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ to Algorithm 3

۳-۲- بررسی خطر دریافتی به هنگام اعتماد کردن

اعتماد یک بردار عدم قطعیت در نظر گرفته شده است که متغیرهای عدم قطعیت آن، ویژگی‌های معتمد، مثل در دسترس بودن، قابلیت اطمینان، شایستگی، مشتاق بودن برای انجام کار در جهت رسیدن به هدف اعتمادکننده و بی‌ضرربودن است. در یک سیستم اعتماد، کم‌تر بودن هر یک از ویژگی‌های گفته شده (ξ_i) از مقدار مورد نظر (m_i) و بالاتر بودن (ξ_6) از (m_6) خطر محسوب می‌شود.

در [۹]، برای بررسی معتمد با حداقل خطر، مسئله طبق برنامه‌ریزی هدف عدم قطعیت، رابطه (۱۴) مدل می‌شود و در نهایت، طبق حل این مدل توسط نرم‌افزار متلب، بردار تصمیم x به‌دست‌آمده، کم‌ترین انحرافات را از مقادیر هدف تعیین‌شده $(m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6)$ دارد.

$$\begin{cases} min p_1\, d_1^- + p_2\, d_2^- + p_3\, d_3^- + p_4\, d_4^- + p_5\, d_5^- + p_6\, d_6^+ \\ subject\ to: \\ \quad E\left[\xi_{x_i}\right] + d_i^- - d_i^+ = m_i \\ \quad p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 = 1 \end{cases} \quad (۱۷-۱)$$

در این مقاله، برای بررسی معتمد با حداقل خطر، مسئله خطر طبق برنامه‌ریزی خطی رابطه (۱۵) مدل می‌شود و در نهایت، طبق حل این مدل توسط الگوریتم‌های تکاملی، بردار تصمیم x به‌دست‌آمده، کم‌ترین انحرافات را از مقادیر هدف تعیین‌شده $(m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6)$ دارد. از الگوریتم ۲ برای محاسبه حداقل خطر با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و الگوریتم‌های تکاملی استفاده می‌شود.

(۱۸-۱)

$$\begin{cases} max\, p_1\, E\left[\xi_{x_1}\right] + p_2\, E\left[\xi_{x_2}\right] + p_3\, E\left[\xi_{x_i}\right] + p_4\, E\left[\xi_{x_i}\right] + p_5\, E\left[\xi_{x_i}\right] - p_6\, E\left[\xi_{x_i}\right] \\ \quad subject\ to: \\ \quad\quad m_i \le E\left[\xi_{x_i}\right] \le 1 \quad for\ i = 1,2,\dots,5 \\ \quad\quad 0 \le E\left[\xi_{x_6}\right] \le m_6 \end{cases}$$

Algorithm 2 : obtaining minimum Risk based on linear programming and evolution algorithms
Inputs:
1. x is a decision vector
2. ξx is an uncertain vector
3. Pj is priority factor which expresses the relative importance of various goals.
4. m_i is the target value according to goal i
output:
1. $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ is optimal solution
Compute optimal solution according to equation 18
Return optimal solution $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ to Algorithm 3

اگر $(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6)$ بردار اولویت، $(x_{td1}, x_{td2}, x_{td3}, x_{td4}, x_{td5}, x_{td6})$ راه‌حل بهینه به دست آمده از الگوریتم‌های تکاملی برای درجه اعتماد و $(x_{R1}, x_{R2}, x_{R3}, x_{R4}, x_{R5}, x_{R6})$ راه‌حل بهینه به‌دست‌آمده از الگوریتم‌های تکاملی برای حداقل خطر باشد و $(t_{td1}, t_{td2}, t_{td3}, t_{td4}, t_{td5}, t_{td6})$ بردار درجه اعتماد معتمد و $(t_{R1}, t_{R2}, t_{R3}, t_{R4}, t_{R5}, t_{R6})$ بردار حداقل خطر معتمد باشد، میزان انحراف منفی (d_i^-) درجه اعتماد و حداقل خطر معتمد از سطح اهداف و راه‌حل بهینه، طبق رابطه (۱-۱۹) و (۱-۲۰) و میزان انحراف مثبت (d_i^+)، طبق رابطه (۱-۲۱) و (۱-۲۲) به‌دست می‌آید.

$$d_{td}^- = \frac{\sum_{i=1}^{6} p_i (x_{tdi} - t_{tdi})}{\sum_{i=1}^{6} p_i} \quad \text{if } x_{tdi} > t_{tdi} \quad (۱۹-۱)$$

$$d_R^- = \frac{\sum_{i=1}^{6} p_i (x_{tdi} - t_{tdi})}{\sum_{i=1}^{6} p_i} \quad \text{if } x_{Ri} > t_{Ri} \quad (۲۰-۱)$$

$$d_{td}^+ = \frac{\sum_{i=1}^{6} p_i (t_{tdi} - x_{tdi})}{\sum_{i=1}^{6} p_i} \quad \text{if } x_{tdi} < t_{tdi} \quad (۲۱-۱)$$

$$d_R^+ = \frac{\sum_{i=1}^{6} p_i (t_{Ri} - x_{Ri})}{\sum_{i=1}^{6} p_i} \quad \text{if } x_{Ri} < t_{Ri} \quad (۲۲-۱)$$

بر اساس درجه انحراف منفی به‌دست‌آمده از رابطه (۱-۱۹) و (۱-۲۰)، کاندیدهای اعتماد را از نظر درجه اعتماد و خطر، طبق رابطه (۱-۲۳) و (۱-۲۴) رتبه‌بندی می‌کنیم.

$$Ranking\ of\ Trustee\ td = 1 - d_{td}^- \quad (۲۳-۱)$$

$$Ranking\ of\ Trustee\ Risk = 1 - d_R^- \quad (۲۴-۱)$$

رتبه‌بندی نهایی هر یک از کاندیدهای اعتماد، طبق رابطه (۱-۲۵) محاسبه می‌شود.

$$Final\ Ranking = w_1 * Ranking\ of\ Trustee\ td + w_2 * Ranking\ of\ Trustee\ Risk \quad (۲۵-۱)$$

که w_1 درجه اعتمادپذیری و w_2 درجه خطرپذیری اعتمادکننده را نشان می‌دهد.

اگر مقدار رتبه‌بندی نهایی چندین معتمد با هم برابر باشد، این معتمدها بر اساس انحراف مثبت آن‌ها رتبه‌بندی می‌شود. هرچه انحراف مثبت بیشتر باشد، معتمد رتبه بالاتری دارد. الگوریتم ۳ تابع تصمیم‌گیری براساس درجه اعتماد و خطر را نشان می‌دهد.

Algorithm 3: Decision function based on Trust Degree and Risk
Inputs:
1.decision vector $(x_{td1}, x_{td2}, x_{td3}, x_{td4}, x_{td5}, x_{td6})$ be optimal solution for Trust degree computed by applying algorithm 1
2.decision vector$(x_{R1}, x_{R2}, x_{R3}, x_{R4}, x_{R5}, x_{R6})$be optimal solution for minimum Risk computed by applying Algorithm 2
3.w_1 *be weight of trust acceptance degree*
4.W_2 be weight of Risk acceptance degree
5. priority vector $(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6)$ be factor which expresses the relative importance of various goals
6. trustee td vector $(t_{td1}, t_{td2}, t_{td3}, t_{td4}, t_{td5}, t_{td6})$ be Aggregated trust degree
7.trustee risk vector $(t_{R1}, t_{R2}, t_{R3}, t_{R4}, t_{R5}, t_{R6})$ be Aggregated Risk
output:
1-final ranking of trustee
for each trustee i do
compute d_{td}^- according to equation 19
compute d_R^- according to equation 20
compute Ranking of Trustee td according to equation 23
compute Ranking of Trustee Risk according to equation 24
compute Final Ranking of Trustee according to equation 25
End for

جدول(۱): پارامترهای الگوریتم ژنتیک

پارامترهای الگوریتم GA	nPop	MaxIt	p_c	p_m
مقدار	۵۰	۲۵۰	۰/۹	۰/۱

جدول (۲): پارامترهای الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات

پارامترهای الگوریتم PSO	nPop	MaxIt	lb.v	ub.v	c_1	c_2	W	W_RF
مقدار	۵۰	۲۵۰	-۰/۸	۰/۸	۱	۳	۱	۰/۹۹

جدول (۳): پارامترهای الگوریتم ملخ

پارامترهای الگوریتم GOA	MaxIt	nPop	cMax	cMin
مقدار	۵۰	۲۵۰	۱	۴-e

۴- بررسی نتایج و مقایسه

در این بخش، یک مثال برای توضیح روند کار این مدل تصمیم‌گیری اعتماد آورده شده است که با استفاده از الگوریتم‌های مختلف تکاملی شبیه‌سازی شده است و نتایج، بررسی و در جدولی مقایسه می‌شوند.

الف) پارامترهای الگوریتم ژنتیک (GA)

در این شبیه‌سازی، پارامترهای الگوریتم ژنتیک، طبق جدول (۱) مقداردهی شده‌اند. پارامترهای این الگوریتم، تعداد تکرار (MaxIt)، اندازه جمعیت (nPop)، احتمال ترکیب (p_c) و احتمال جهش (p_m) است.

ب) پارامترهای الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)

در این شبیه‌سازی، پارامترهای الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات، طبق جدول (۲) مقداردهی شده‌اند. پارامترهای این الگوریتم، تعداد تکرار (MaxIt)، اندازه جمعیت (nPop)، پایین‌ترین مقدار سرعت (lb.v)، بالاترین مقدار سرعت (ub.v)، ضریب بهترین تجربه شخصی (c_1)، ضریب بهترین تجربه جمعی (c_2)، وزن اینرسی (w)، پارامتر کاهنده وزن اینرسی (W_RF)، است.

ج) پارامترهای الگوریتم ملخ (GOA)

در این شبیه‌سازی، پارامترهای الگوریتم ملخ، طبق جدول (۳) مقداردهی شده‌اند. پارامترهای الگوریتم ملخ، تعداد تکرار (MaxIt)، تعداد ملخ‌ها (nPop)، بیش‌ترین مقدار ضریب کاهش (cMax) و کم‌ترین مقدار ضریب کاهش (cMin) است.

د) پارامترهای الگوریتم زنبور (BA)

در این شبیه‌سازی، پارامترهای الگوریتم زنبور، طبق جدول (٤) مقداردهی شده‌اند. پارامترهای این الگوریتم، تعداد زنبورهای دیده‌بان (nScoutBee)، تعداد تکرار (MaxIt)، تعداد محل‌های انتخاب‌شده (nSelectedSite)، تعداد محل‌های برگزیده (nEliteSite)، تعداد زنبورهای محل انتخاب‌شده (nSelectedSiteBee)، تعداد زنبورهای محل برگزیده (nEliteSiteBee)، شعاع همسایگی (r) و نرخ کاهش شعاع همسایگی (rdamp) است.

٤-۱- محاسبه درجه اعتماد بهینه

اگر فرض شود در یک سیستم اعتماد، برای رسیدن به هدف اعتمادکننده به معتمدی نیاز است که دسترس‌پذیری آن بالاتر از ۰/۸، قابلیت اطمینان آن بالاتر از۰/۸۵، شایستگی آن بالاتر از ۰/۷، مشتاق بودن آن برای انجام کار بالاتر از۰/٦ ، بی‌ضرر بودن آن بالاتر از ۰/۹۵ و هزینه آن کمتر از ۰/٤ باشد. اگر فرض شود این مدل در زمینه‌ای استفاده می‌شود که شایستگی معتمد، اولویت اول، دسترس‌پذیری آن، اولویت دوم و قابلیت اطمینان آن، اولویت سوم را داشته باشد و به ترتیب هزینه، بی‌ضرربودن و اشتیاق برای انجام کار، اولویت چهارم، پنجم و ششم را داشته باشد. بهینه‌ترین راه‌حل با استفاده از دو رویکرد زیر محاسبه شده است و نتایج در جدول (۵) مقایسه شده‌اند.

۴-۱-۱- حل مسئله با برنامه‌ریزی هدف

در[۹]برای‌محاسبه‌راه‌حل‌بهینه‌که‌شرط‌های‌بالارافراهم کند از برنامه‌ریزی هدف رابطه (۲۳) استفاده کرده است که بردار اولویت آن، (۰/۱۵و۰/۱۲و۰/۰۹و۰/۲۵و۰/۱٦و۰/۲۳) فرض شده است، زیرا در این مدل، از طرفی، $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 = 1$ باید باشد و از طرف

جدول (۴): پارامترهای الگوریتم زنبور

پارامترهای الگوریتم BA	MaxIt	nScoutBee	nSelectedSite	nEliteSite	nSelectedSiteBee	nEliteSiteBee	r	rdamp
مقدار	۲۵۰	۵۰	۲۵	۱۰	۲۵	۵۰	۰/۱۰۰۵	۰/۹۵

دیگر، طبق شرط مسئله بالا، $p_3 > p_1 > p_2 > p_6 > p_5 > p_4$ باید باشد. پس از حل مسئله با استفاده از نرم‌افزار متلب، راه‌حل بهینه (۰/۲ و۰/۹۷ و۰/۸ و۰/۸۵ و۰/۹۲ و۰/۹) به‌دست می‌آید.

$$\begin{cases} \min(0.23\,d_1^- + 0.16d_2^- + 0.25d_3^- + 0.09d_4^- + 0.12d_5^- + 0.15d_6^+) \\ subject\ to: \\ E\left[\xi_{x_1}\right] + d_1^- - d_1^+ = 0.8 \\ E\left[\xi_{x_2}\right] + d_2^- - d_2^+ = 0.85 \\ E\left[\xi_{x_3}\right] + d_3^- - d_3^+ = 0.7 \\ E\left[\xi_{x_4}\right] + d_4^- - d_4^+ = 0.6 \\ E\left[\xi_{x_5}\right] + d_5^- - d_5^+ = 0.95 \\ E\left[\xi_{x_6}\right] + d_6^- - d_6^+ = 0.4 \end{cases} \quad (۱-۲۶)$$

۴-۱-۲-حل مسئله با برنامه‌ریزی خطی و الگوریتم‌های تکاملی

در این مقاله، مسئله بالا طبق رابطه (۲۵) مدل شده است. فرض می‌شود بردار اولویت در مدل برنامه‌ریزی هدف، $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6)$ است و بردار اولویت در مدل این مقاله، $(p_1^*, p_2^*, p_3^*, p_4^*, p_5^*, p_6^*)$ است. یکی از شرط‌های مدل این مقاله، $p_1^* + p_2^* + p_3^* + p_4^* + p_5^* = 1$ است و شرط مسئله بالا، $p_3 > p_1 > p_4 > p_5 > p_2 > p_6$ است. بردار اولویت برای این مسئله برای این که دو شرط بالا برقرار بماند، بایستی طبق رابطه (۲۴) باشد. در نهایت با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی مختلف، مقدار راه‌حل بهینه به‌دست می‌آید که نتایج در جدول (۱-۵) قرار گرفته است.

$$\left(p_1 + {}^{p_6}/_5, p_2 + {}^{p_6}/_5, p_3 + {}^{p_6}/_5, p_4 + {}^{p_6}/_5, p_5 + {}^{p_6}/_5, p_6 + {}^{p_6}/_5\right) = \left(p_1^*, p_2^*, p_3^*, p_4^*, p_5^*, p_6^*\right) \quad (۱-۲۷)$$

$$\begin{cases} \max\ 0.26E\left[\xi_{x_1}\right] + 0.19E\left[\xi_{x_2}\right] + 0.28E\left[\xi_{x_3}\right] + 0.12E\left[\xi_{x_4}\right] + 0.15E\left[\xi_{x_5}\right] - 0.18E\left[\xi_{x_6}\right] \\ subject\ to: \\ 0.8 \le E\left[\xi_{x_1}\right] \le 1 \\ 0.85 \le E\left[\xi_{x_2}\right] \le 1 \\ 0.7 \le E\left[\xi_{x_3}\right] \le 1 \\ 0.6 \le E\left[\xi_{x_4}\right] \le 1 \\ 0.95 \le E\left[\xi_{x_5}\right] \le 1 \\ 0 \le E\left[\xi_{x_6}\right] \le 0.4 \end{cases} \quad (۱-۲۸)$$

۴-۱-۳-مقایسه نتایج

در این بخش، نتایج حل مدل با استفاده از الگوریتم‌های مختلف تکاملی و برنامه ریزی هدف (GP) در جدول (۵) آورده شده است. اگر $(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6)$ بردار اولویت، $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ راه‌حل بهینه به‌دست‌آمده از الگوریتم‌های تکاملی و برنامه‌ریزی هدف و $(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6)$ بهترین پاسخ باشد، انحراف پاسخ بهینه از بهترین پاسخ، طبق رابطه (۱-۲۹) محاسبه می‌شود. بهترین پاسخ در این مسئله، (۰و۱و۱و۱و۱و۱) است. نتایج نشان می‌دهد انحراف پاسخ بهینه الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات، ملخ، ژنتیک، صفر است و سرعت همگرایی الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات در یافتن جواب بهینه از همه بالاتر است و در تکرار اول، جواب بهینه را می‌یابد. انحراف پاسخ بهینه الگوریتم زنبور از بهترین جواب، ۰/۰۲۶۸ است و سرعت همگرایی آن، کمتر از همه است. انحراف پاسخ بهینه برنامه‌ریزی هدف از بهترین پاسخ، نسبت به الگوریتم‌های تکاملی بیشتر است. بنابراین الگوریتم‌های تکاملی در یافتن جواب بهینه برای درجه اعتماد بهتر از برنامه‌ریزی هدف، عمل کرده است. شکل (۲)، نمودار همگرایی الگوریتم GOA، PSO، GA و BEE برای محاسبه درجه اعتماد بهینه آورده شده است.

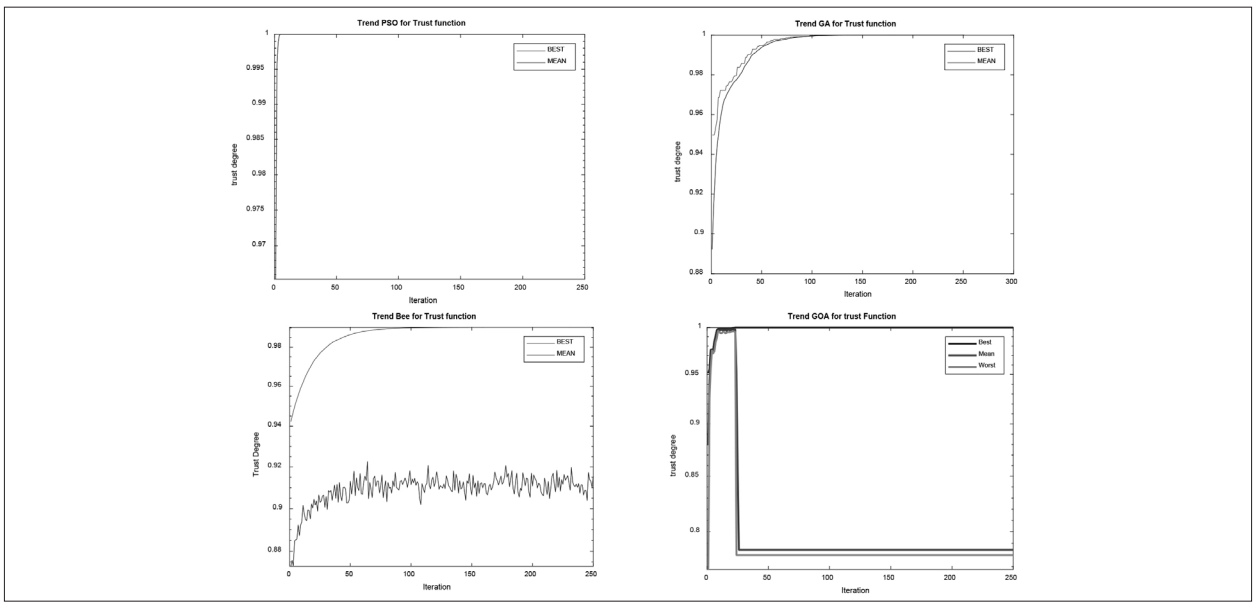
$$D = p_1(b_1 - x_1) + p_2(b_2 - x_2) + p_3(b_3 - x_3) + p_4(b_4 - x_4) + p_5(b_5 - x_5) + p_6(x_6 - b_6) \quad (۱-۲۹)$$

٤-۲- محاسبه حداقل خطر

بعد از تعامل با سیستم، دسترس‌پذیری آن کمتر از ۰/۷، قابلیت اطمینان آن کمتر از ۰/۷۵، شایستگی آن کمتر از ۰/٦۵، مشتاق بودن آن برای انجام کار در جهت رسیدن به هدف اعتمادکننده کمتر از ۰/۵ ، بی‌ضرربودن آن کمتر از ۰/۸۵ و هزینه آن بالاتر از ۰/٦، خطر محسوب می‌شود.

جدول (۵): مقایسه نتایج الگوریتم‌های مختلف برای محاسبه درجه اعتماد بهینه

الگوریتم	زمان کل اجرا	برازندگی	بردار تصمیم بهینه	تعداد تکرار یافتن بردار تصمیم بهینه	انحراف پاسخ بهینه از بهترین پاسخ
GP			(۰/۲و۰/۹۷و۰/۸و۰/۸۵و۰/۹۲و۰/۹)		۰/۱۴۷۷
GA	۰/۵۵۸۱۴	۱	(۱و۰و۱و۱و۱و۱)	۱۵۱	۰
PSO	۰/۵۸۰۴۸	۱	(۱و۰و۱و۱و۱و۱)	۱	۰
GOA	۲/۵۰۲۱	۱	(۱و۰و۱و۱و۱و۱)	۱۹	۰
BEE	۲/۹۱۵	۰/۹۹۰۳۴	(۱و۰/۹۶۰۸۶و۱و۰/۹۱۸۵۹و۰/۹۹۹۷۵و۰/۰۵۳۲۹۳)	۲۵۰	۰/۰۲۶۸



شکل ۲: نمودار همگرایی تابع اعتماد توسط الگوریتم ژنتیک (GA)، بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)، ملخ (GOA) و زنبور (BEE)

بـــردار اولویت در این بخش برابر بـــا بردار اولویت بخش محاسبه اعتماد است.

۴-۲-۱ حل مسئله با برنامه‌ریزی هدف

در [۹]، کم‌ترین خطر دریافتی، طبق برنامه‌ریزی هدف، مـــدل رابطه (۲۷) به‌دســـت می‌آید. پس از حل این مســـئله توســـط نرم‌افزار متلب، راه‌حل بهینـــه (۰/۳ و۰/۹۲ و۰/۷۵ و۰/۸۲ و۰/۸۷ و۰/۸۵) به‌دست می‌آید.

$$\begin{cases} \min(0.23\,d_1^- + 0.16\,d_2^- + 0.25\,d_3^- + 0.09\,d_4^- + 0.12\,d_5^- + 0.15\,d_6^+) \\ subject\ to: \\ E\left[\xi_{x_1}\right] + d_1^- - d_1^+ = 0.7 \\ E\left[\xi_{x_2}\right] + d_2^- - d_2^+ = 0.75 \\ E\left[\xi_{x_3}\right] + d_3^- - d_3^+ = 0.65 \\ E\left[\xi_{x_4}\right] + d_4^- - d_4^+ = 0.5 \\ E\left[\xi_{x_5}\right] + d_5^- - d_5^+ = 0.85 \\ E\left[\xi_{x_6}\right] + d_6^- - d_6^+ = 0.6 \end{cases} \qquad (۳۰-۱)$$

۴-۲-۲ حل مسئله با برنامه‌ریزی خطی و الگوریتم‌های تکاملی

در این مقاله، مسئله بالا طبق رابطه (۱-۳۱) مدل شده است و با اســـتفاده از الگوریتم‌های تکاملی مختلف، مقدار راه‌حل بهینه به‌دست می‌آید که نتایج در جدول (٦) قرار گرفته است.

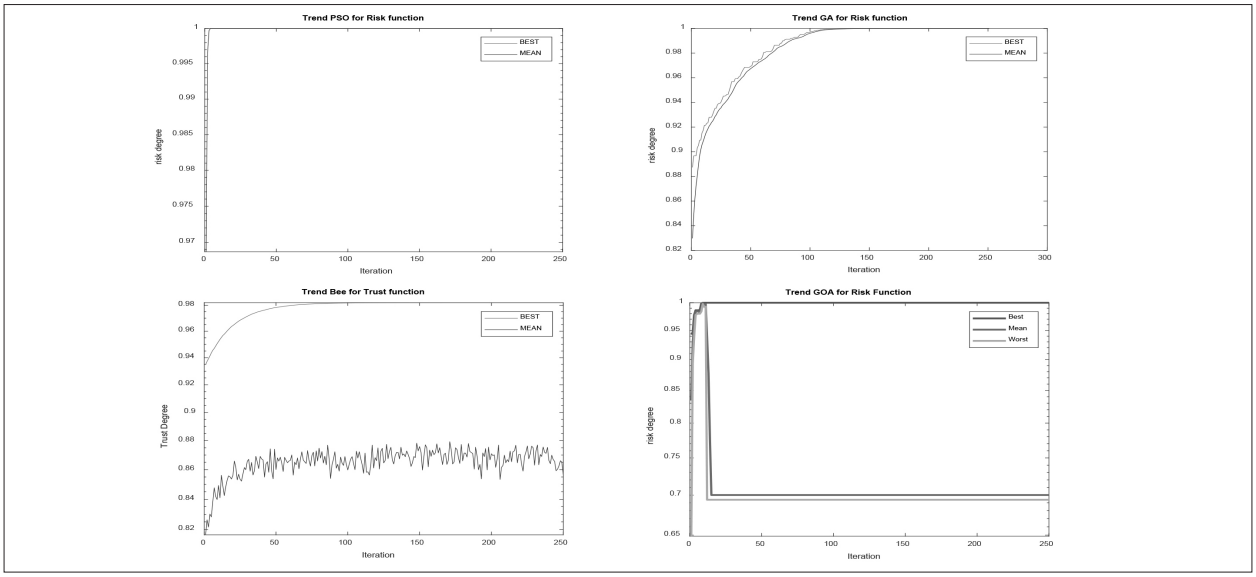
$$\begin{cases} \text{maximize } 0.26E\left[\xi_{x_1}\right] + 0.19E\left[\xi_{x_2}\right] + 0.28E\left[\xi_{x_3}\right] + 0.12E\left[\xi_{x_4}\right] + 0.15E\left[\xi_{x_5}\right] - 0.18E\left[\xi_{x_6}\right] \\ subject\ to: \\ 0.7 \le E\left[\xi_{x_1}\right] \le 1 \\ 0.75 \le E\left[\xi_{x_2}\right] \le 1 \\ 0.65 \le E\left[\xi_{x_3}\right] \le 1 \\ 0.5 \le E\left[\xi_{x_4}\right] \le 1 \\ 0.85 \le E\left[\xi_{x_5}\right] \le 1 \\ 0 \le E\left[\xi_{x_6}\right] \le 0.6 \end{cases} \qquad (۳۱-۱)$$

۴-۲-۳-مقایسه نتایج

در این بخش، نتایج حل مدل رابطه (۱-۳۱) با استفاده از الگوریتم‌هـــای مختلف تکاملی و مـــدل رابطه (۱-۳۰) با اســـتفاده از برنامه‌ریزی هدف (GP) در جدول (٦) آورده

جدول (۶): مقایسه نتایج الگوریتم‌های مختلف برای محاسبه جداقل خطر

الگوریتم	زمان کل اجرا	برازندگی	بردار تصمیم بهینه	تعداد تکرار یافتن بردار تصمیم بهینه	انحراف پاسخ بهینه از بهترین پاسخ
GP			(۰/۳و۰/۹۲و۰/۷۵و۰/۸۲و۰/۸۷و۰/۸۵)		۰/۲۱
GA	۰/۴۳۲۷۹	۱	(۰و۱و۱و۱و۱)	۱۷۲	۰
PSO	۰/۵۸۰۴۸	۱	(۰و۱و۱و۱و۱)	۱	۰
GOA	۲/۳۷۴۹	۱	(۰و۱و۱و۱و۱)	۱۲	۰
BEE	۳/۳۳۵۸	۰/۹۸۲۰۴	(۰/۰۳۱۳۳۲و۰/۹۷۲۳۳و۰/۹۸۴۲۷و۱و۰/۹۱۹۳و۰/۹۷۱۷۲)	۲۵۰	۰/۰۳۴۲۳



شکل۳: نمودار همگرایی تابع خطر توسط الگوریتم ژنتیک (GA)، بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)، ملخ (GOA) و زنبور (BEE)

شده است. انحراف پاسخ بهینه از بهترین پاسخ طبق رابطه (۱-۲۹) محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد انحراف پاسخ بهینه الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات، ملخ، ژنتیک از بهترین پاسخ، صفر است و سرعت همگرایی الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات در یافتن جواب بهینه از همه بالاتر است و در تکرار اول، جواب بهینه را می‌یابد. انحراف پاسخ بهینه الگوریتم زنبور از بهترین جواب، ۰/۰۳٤۲۳ است و سرعت همگرایی آن، کمتر از همه است. انحراف پاسخ بهینه برنامه‌ریزی هدف از بهترین پاسخ، نسبت به الگوریتم‌های تکاملی بیشتر است. بنابراین الگوریتم‌های تکاملی در یافتن جواب بهینه برای مسئله خطر بهتر از برنامه‌ریزی هدف، عمل کرده است. در شکل (۳)، نمودار همگرایی الگوریتم PSO، GA و GOA و BEE برای محاسبه حداقل خطر آورده شده است.

۵- ارزیابی

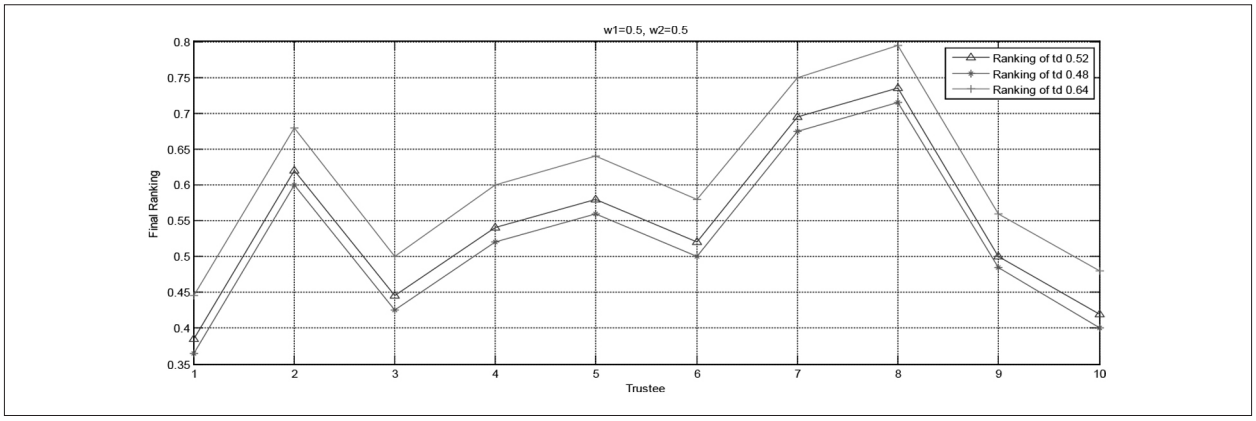
برای ارزیابی مدل و نمایش پارامترهای مهم آن، فرانامه‌های متفاوتی طراحی شده است. پس از تعیین فرانامه، مدل توسط نرم‌افزار متلب، شبیه‌سازی شده و تأثیر پارامترهای مختلف، بررسی شده است.

۵-۱ بررسی تأثیر حداقل خطر معتمد بر رتبه‌بندی نهایی معتمد در درجه اعتمادهای برابر

برای بررسی تأثیر حداقل خطر معتمد بر رتبه نهایی گزینه معتمد، طبق جدول (۷)، ده معتمد در نظر گرفته شده

جدول (۷): بررسی تأثیر خطر معتمد بر رتبه‌بندی نهایی معتمد در درجه اعتمادهای برابر

	معتمد	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	درجه خطر	۰/۲۵	۰/۷۲	۰/۳۷	۰/۵۶	۰/۶۴	۰/۵۲	۰/۸۷	۰/۹۵	۰/۴۹	۰/۳۲
درجه اعتماد:۰/۵۲	رتبه نهایی	۰/۳۸۵	۰/۶۲	۰/۴۴۵	۰/۵۴	۰/۵۸	۰/۵۲	۰/۶۹۵	۰/۷۳۵	۰/۵	۰/۴۲
درجه اعتماد:۰/۴۸	رتبه نهایی	۰/۳۶۵	۰/۶	۰/۴۲۵	۰/۵۲	۰/۵۶	۰/۵	۰/۶۷۵	۰/۷۱۵	۰/۴۸۵	۰/۴
درجه اعتماد:۰/۶۴	رتبه نهایی	۰/۴۴۵	۰/۶۸	۰/۵	۰/۶	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۷۵	۰/۷۹۵	۰/۵۶	۰/۴۸



شکل ۴: بررسی تأثیر خطر معتمد بر رتبه‌بندی نهایی معتمد در درجه اعتمادهای برابر

اســت. رتبه حداقل خطر معتمدها با یکدیگر متفاوت است. رتبه نهایی هر یک از معتمدها در سه حالت زیر طبق رابطه (۲۲) محاسبه می‌شود.

۱. رتبه اعتماد همه معتمدها یکسان و برابر با مقدار ۰/۵۲

۲. رتبه اعتماد همه معتمدها یکسان و برابر با مقدار ۰/٤۸

۳. رتبه اعتماد همه معتمدها یکسان و برابر با مقدار ۰/٦٤

شــکل (٤) نشان می‌دهد که با وجود یکسان بودن رتبه درجه اعتماد همه معتمدها، رتبه نهایی آن‌ها متفاوت است و هر چه رتبه درجه اعتماد معتمدها بالاتر باشد، رتبه نهایی آن‌ها نیز بالاتر است.

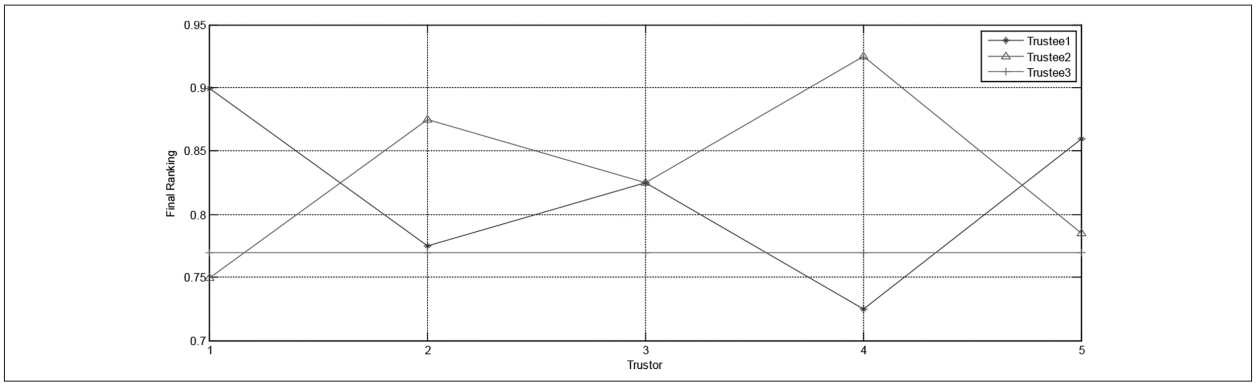
۵-۲ بررسی تأثیر درجه خطرپذیری اعتمادکننده بر رتبه نهایی معتمد

برای بررســی تأثیر درجه خطرپذیری اعتمادکننده بر رتبه نهایی معتمد، طبق جدول(۸)، پنج اعتمادکننده با درجه خطرپذیری متفاوت و سه معتمد برای بررسی حالت‌های مختلف آزمایش، در نظر گرفته شده است. سپس بر اساس درجــه اعتماد معتمد، رتبــه حداقل خطــر معتمد و درجه خطرپذیری اعتمادکننده، رتبه نهایی هر یک از معتمدها برای هریک از اعتمادکننده‌ها طبق رابطه (۲۲) محاسبه می‌شود.

شکل (۵) نشــان می‌دهد، اگر رتبه حداقل خطر و رتبه اعتماد یک معتمد با هم برابر باشــد، رتبه نهایی این معتمد برای هر اعتمادکننده با هر درجه خطرپذیری یکسان است و درجه خطرپذیری اعتمادکننده‌هــا تأثیری ندارد. اما اگر رتبــه حداقل خطر و رتبه درجه اعتمــاد آن‌ها با هم برابر نباشــد، رتبه نهایی معتمد برای هر کدام از اعتمادکننده‌ها با توجه به درجه خطرپذیری اعتمادکننده، متفاوت است. با توجه به شکل (۵)، معتمد اول بالاترین رتبه نهایی را برای اعتمادکننده اول دارد، اما همیــن معتمد برای اعتمادکننده چهــارم، پایین‌ترین رتبه نهایی را به دلیــل متفاوت بودن درجه خطرپذیری دارد.

۵-۳- بررســی تأثیــر زمینه و وزن اجــزای اعتماد (اولویت) بر رتبه‌بندی نهایی معتمد

برای بررســی تأثیر زمینه بر روی رتبه نهایی هر یک



شکل ۵: بررسی تأثیر درجه خطرپذیری اعتمادکننده بر رتبه نهایی معتمد

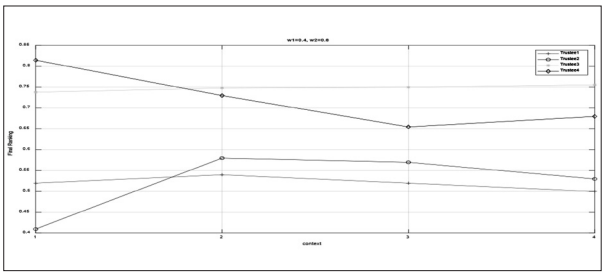
جدول (۸): بررسی تأثیر درجه خطرپذیری اعتمادکننده بر رتبه نهایی معتمد

اعتمادکننده	معتمد	درجه خطرپذیری	درجه اعتماد	درجه خطر	رتبه نهایی
اعتمادکننده اول	معتمد اول	۰/۲	۰/۹۵	۰/۷	۰/۹
	معتمد دوم		۰/۷	۰/۹۵	۰/۷۵
	معتمد سوم		۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۷
اعتمادکننده دوم	معتمد اول	۰/۷	۰/۹۵	۰/۷	۰/۷۷۵
	معتمد دوم		۰/۷	۰/۹۵	۰/۸۷۵
	معتمد سوم		۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۷
اعتمادکننده سوم	معتمد اول	۰/۵	۰/۹۵	۰/۷	۰/۸۲۵
	معتمد دوم		۰/۷	۰/۹۵	۰/۸۲۵
	معتمد سوم		۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۷
اعتمادکننده چهارم	معتمد اول	۰/۹	۰/۹۵	۰/۷	۰/۷۲۵
	معتمد دوم		۰/۷	۰/۹۵	۰/۹۲۵
	معتمد سوم		۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۷
اعتمادکننده پنجم	معتمد اول	۰/۳۵	۰/۹۵	۰/۷	۰/۸۶
	معتمد دوم		۰/۷	۰/۹۵	۰/۷۸۵
	معتمد سوم		۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۷

از معتمدها، طبق جدول (۱۰)، چهار معتمد و چهار زمینه در نظر گرفته شده است. در هر زمینه، اولویت هر یک از اجزای اعتماد در آن زمینه، سطح اهداف اعتمادکننده برای هر یک از اجزای اعتماد برای اعتمادکردن به معتمد و دریافت حداقل خطر، طبق جدول (۱۰) تعیین می‌شود. سپس، طبق پارامتر اولویت و سطح اهداف بیان‌شده، راه‌حل بهینه که مشخص‌کننده بیشترین درجه اعتماد و کمترین خطر است، طبق رابطه (۱۳) و (۱۵) محاسبه می‌شود و این روابط، طبق الگوریتم ژنتیک حل می‌شود که پارامترهای این الگوریتم، طبق جدول (۹) مقدار گرفته اند. مقدار اجزای اعتماد و اجزای حداقل خطر هر یک از معتمدها در جدول

جدول (۹): پارامترهای الگوریتم ژنتیک

پارامترهای الگوریتم GA	nPop	MaxIt	p_c	p_m
مقدار	۵۰	۵	۰/۹	۰/۱



شکل ۶: بررسی تأثیر زمینه و وزن اجزای اعتماد (اولویت) بر رتبه‌بندی نهایی معتمد

(۱۰) آورده شده است. معتمدها با توجه به میزان انحراف مثبت (d^+) و انحراف منفی (d^-) که از راه‌حل بهینه در هر زمینه دارند، درجه اعتماد و حداقل خطر آن‌ها در هر زمینه، طبق رابطه (۱-۲۳) و (۱-۲۴) محاسبه می‌شود. در نهایت بر اساس درجه خطرپذیری و درجه اعتمادپذیری اعتمادکننده که در این آزمایش، برابر با ۰/٦ و ۰/٤ در نظر گرفته شده است، رتبه نهایی هر یک از معتمدها، طبق رابطه (۱-۲۵) محاسبه می‌شود.

شکل (٦) نشان می‌دهد که هر معتمد در هر زمینه، رتبه نهایی متفاوتی دارد، مثلا برای معتمد اول در زمینه دوم، رتبه نهایی ۰/٥٤ و در زمینه چهارم، رتبه نهایی ۰/٥ وجود دارد. در این شکل، معتمد چهارم در زمینه اول، رتبه اول را در بین چهار معتمد دارد، اما همین معتمد در زمینه سوم، رتبه دوم را در بین چهار معتمد دارد.

جدول (۱۰): بررسی تأثیر زمینه و وزن اجزای اعتماد (اولویت) بر رتبه‌بندی نهایی معتمد

		$E[\xi_1]$	$E[\xi_2]$	$E[\xi_3]$	$E[\xi_4]$	$E[\xi_5]$	$E[\xi_6]$	d^+	d^-	Ranking	Final Ranking
معتمد اول	درجه اعتماد	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۵	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۵۲	۰	۰/۴۷۹	۰/۵۲	۰/۵۲
								۰	۰/۴۵	۰/۵۵	
								۰	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۵۴
								۰	۰/۵	۰/۵	
	درجه خطر	۰/۳۹	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۶۳	۰	۰/۴۷۶	۰/۵۲۴	۰/۵۲
								۰	۰/۴۶۱	۰/۵۳۹	
								۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵
								۰/۰۰۳۷	۰/۵	۰/۵	
معتمد دوم	درجه اعتماد	۰/۵۳	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۶۶	۰/۵۱	۰/۵۲	۰	۰/۴۱۱	۰/۵۸	۰/۴۱
								۰	۰/۳۶	۰/۶۴	
								۰	۰/۴	۰/۶	۰/۵۸
								۰	۰/۴۲	۰/۵۸	
	درجه خطر	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۴۲	۰	۰/۷	۰/۳	۰/۵۷
								۰	۰/۴۹۹	۰/۵۵	
								۰	۰/۴۴۵	۰/۵۵	۰/۵۳
								۰/۰۰۳۹	۰/۵	۰/۵	
معتمد سوم	درجه اعتماد	۰/۸۵	۰/۵۶	۰/۷۶	۰/۶۸	۰/۷۲	۰/۴۵	۰	۰/۲۵	۰/۷۵	۰/۷۳۸
								۰	۰/۲۴۸	۰/۷۶	
								۰	۰/۲۵	۰/۷۵	۰/۷۴۸
								۰	۰/۲۸	۰/۷۲	
	درجه خطر	۰/۷۸	۰/۵۲	۰/۶۹	۰/۵۴	۰/۶۵	۰/۳۸	۰	۰/۲۷	۰/۷۳	۰/۷۵
								۰	۰/۲۶	۰/۷۴	
								۰	۰/۲۵	۰/۷۵	۰/۷۵۶
								۰/۰۰۵۸	۰/۲۱۸	۰/۷۸	
معتمد چهارم	درجه اعتماد	۰/۶۵	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۸۲	۰/۷۶	۰/۸۵	۰	۰/۱۹	۰/۸۰۹	۰/۸۱۵
								۰	۰/۲۱	۰/۷۹	
								۰	۰/۳۲۴	۰/۶۸	۰/۷۳
								۰/۰۰۳	۰/۴۱۶	۰/۵۸	
	درجه خطر	۰/۶۲	۰/۸۵	۰/۷۶	۰/۹۷	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۰۱۳	۰/۱۷۸	۰/۸۲	۰/۶۵۵
								۰/۰۰۹	۰/۳۰۷	۰/۶۹	
								۰/۰۱۹	۰/۳۶۲	۰/۶۳۸	۰/۶۸
								۰/۰۱۶۲	۰/۲۵	۰/۷۵	

زمینه اول	اولویت	۰/۱۳۶	۰/۱۹۶	۰/۲۵۶	۰/۱۰۶	۰/۳۰۶	۰/۰۹۶
	سطح اهداف برای اعتماد	۰/۶	۰/۷	۰/۸۵	۰/۵۵	۰/۹۵	۰/۵
	راه‌حل بهینه برای اعتماد	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹	۰/۹۹	۰/۰۹
	سطح اهداف برای خطر	۰/۴	۰/۵	۰/۶۵	۰/۳۵	۰/۷۵	۰/۷
	راه‌حل بهینه برای خطر	۰/۹	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۸۲	۰/۹۴	۰/۱۱
زمینه دوم	اولویت	۰/۱۷۴	۰/۲۴۴	۰/۲۱۴	۰/۲۸۴	۰/۱۰۴	۰/۱۸۴
	سطح اهداف برای اعتماد	۰/۶	۰/۷۵	۰/۶۷	۰/۸۵	۰/۴۵	۰/۳۵
	راه‌حل بهینه برای اعتماد	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹	۰/۰۹۶
	سطح اهداف برای خطر	۰/۴	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۶۵	۰/۲۵	۰/۵۵
	راه‌حل بهینه برای خطر	۰/۹	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۸۶	۰/۲۱
زمینه سوم	اولویت	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۴۳	۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۴۸
	سطح اهداف برای اعتماد	۰/۵۵	۴۵.	۰/۹۷	۰/۱	۰/۵۵	۰/۱
	راه‌حل بهینه برای اعتماد	۰/۹۳	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۸۳	۰/۹	۰/۰۰۷
	سطح اهداف برای خطر	۰/۳۵	۰/۲۵	۰/۸	۰	۰/۴	۰/۳
	راه‌حل بهینه برای خطر	۰/۹	۰/۷۸	۰/۹۶	۰/۷۳	۰/۸۸	۰/۰۴
زمینه چهارم	اولویت	۰/۳۱	۰/۳۷	۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱
	سطح اهداف برای اعتماد	۰/۹	۰/۹۷	۰/۸۵	۰/۱	۰/۱	۰/۴
	راه‌حل بهینه برای اعتماد	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۸	۰/۶۱	۰/۰۵
	سطح اهداف برای خطر	۰/۷	۰/۷۵	۰/۶۵	۰	۰	۰/۶
	راه‌حل بهینه برای خطر	۰/۹۱	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۲۱	۰/۶۸	۰/۰۵

۶- نتیجه

در ایـــن مقاله، یک مدل اعتماد جدیـــد، مبتنی بر نظریه عدم قطعیت، معرفی شـــده اســـت که در این مـــدل، اعتماد به‌عنوان یک مفهوم واحد تعریف نمی‌شود. در واقع، اعتماد به‌عنوان یک بردار عدم قطعیت تعریف می‌شـــود که شامل شش متغیر غیرقطعی است. ابعاد اعتماد در این مدل، قابلیت اطمینان، دسترس‌پذیری، شایســـتگی، اشتیاق برای انجام کار، بی‌ضرربودن و هزینه معتمد تعریف شـــده است. بر اساس زمینه کار این مدل، به هر یک از اجزای اعتماد، وزنی اختصاص می‌یابد. در مرحله تصمیم‌گیری، بر اساس وزن (اولویت) اجزای اعتماد، معتمد مورد نظر انتخاب می‌شود. بنابراین این مدل انعطاف‌پذیر اســـت و با توجه به اولویت اجـــزا که در آن زمینـــه تعریف می‌شـــود، وزن هر یک از اجزای اعتماد تغییر می‌کنـــد. در اکثر مدل‌های موجود، در مرحله تصمیم‌گیری و انتخاب معتمد مناســـب، به بررسی درجه اعتماد معتمدها پرداخته می‌شـــود و مســـئله میزان خطر معتمد، بررســـی نمی‌شود. در این مدل، بررسی شده اســـت که بعضی از معتمدها با وجود درجـــه اعتماد بالا، چون میزان خطر بالایی داشته‌اند، به‌عنوان معتمد مناسب شـــناخته نشده‌اند و انتخاب یک معتمد با در نظر گرفتن هر دو مسئله، داشتن حداکثر درجه اعتماد لازم و حداقل خطر انجام می‌شـــود. در این مدل، درجـــه خطرپذیری و درجه اعتمادپذیری برای هر معتمد تعریف می‌شود، بنابراین در این مدل، اگر اعتمادکننده‌ای درجه خطرپذیری بالایی داشته باشـــد، معتمد با خطر پایین را به معتمد با درجه بالاتر، اما خطر بالاتر ترجیح می‌دهد. در مرحله تصمیم‌گیری این مدل، برای انتخاب معتمد با حداکثر درجه اعتماد و حداقل خطر، از برنامه‌ریزی خطی استفاده شده است که یک سطح هدف و اولویت برای هـــر یک از اجزای اعتماد با توجه به زمینه کار تعریف می‌شود و در نهایت بر اساس این دو پارامتر،

معتمد مورد نظر انتخاب می‌شـــود. در این مقاله برای حل مدل از الگوریتم‌های تکاملی اســـتفاده شده است که نتایج نشـــان می‌دهد این الگوریتم‌ها برای یافتـــن حداکثر درجه اعتماد و حداقل خطر موفق‌تـــر از برنامه‌ریزی هدف عمل کرده است و روش بهینه‌ســـازی ازدحام ذرات، با سرعت بالاتری نسبت به الگوریتم ملخ به جواب بهینه همگرا شده اســـت. الگوریتم ملخ موفق‌تر از ژنتیک عمل کرده اســـت و الگوریتـــم زنبور در یافتن جواب بهینـــه، بدتر از همه عمل کرده اســـت؛ اما هر چهار روش، موفق‌تـــر از برنامه‌ریزی هدف، عمل کرده‌اند.

مراجع

1. Sabater, J., Sierra, C., "Review on Computational Trust and Reputation Models", Artificial Intelligence Review, Vol. 24, No. 1, pp. 33-60, 2005.
2. Lu, G., Lu, J., Yao, S., Yip, J., "A Review on Computational Trust Models for Multi agent Systems", The Open Information Science Journal, Vol. 2, pp. 18-25, 2009.
3. Liu, B., Uncertainty Theory, 3rd edn, Springer, 2010.
4. Liu, B., Uncertainty Theory, 2nd edn, Springer, 2007.
5. Liu, B., Uncertainty Theory: An Introduction to its Axiomatic Foundations, Springer Verlag, 2004.
6. Liu, B., "Why is There a need for Uncertainty Theory", Journal of Uncertain Systems, Vol. 6, No. 1, pp. 3-10, 2012.
7. Liu, B., "Some Research Problems in Uncertainty Theory", Journal of Uncertain Systems, Vol. 3, No. 1, pp. 3-10, 2009.
8. Liu, B., Uncertainty Theory, 5th edn, Springer, 2014.
9. Ashtiani, M., Hakimi-Rad, Sh., Abdollahi Azgomi, M., "A Model of Trust Based on Uncertainty Theory", International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, Vol. 26, No. 2, pp. 269-298, 2018.
10. Castelfranchi, C., Falcone, R., Trust Theory: A Socio-Cognitive and Computational Model, Wiley Publishing, 1th edn, May 24, 2010.
11. Liu, B., Chen, X., "Uncertain Multi objective Programming and Uncertain Goal Programming", Journal of Uncertainty Analysis and Applications, Vol. 3, No. 1, pp. 10, 2015.
12. Holland, J. H., Reitman, J. S., "Cognitive Systems Based on Adaptive Algorithms", ACM SIGART Bulletin, No. 63, pp.40-49, 1977.
13. Tsai, C-F., Eberle, W., Chu, C-Y., "Genetic Algorithms in Feature and Instance Selection", Knowledge-Based Systems, No.39, pp. 240-247, 2013.
14. Lin, M-H., Tsai, J-F., Yu, C-S., "A Review of Deterministic Optimization Methods in Engineering and Management", Mathematical Problems in Engineering, vol. 2012, 2012.
15. Shmoys, D. B., Swamy, c., "Stochastic Optimization is (almost) as Easy as Deterministic Optimization", the 45th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, pp. 228-237, 2004.
16. Dorigo, M., Birattari, M., Stutzle, T., "Ant Colony Optimization", IEEE Computational Intelligent Magazine, vol. 1, No. 4, pp. 28-39, 2006.
17. Kennedy, J., Eberhart, R. C., "Particle Swarm Optimization", Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, Vol. 4, pp. 1942-1948, 1995.
18. Eberhart, R. C., Shi, Y., "Particle Swarm Optimization: Developments, Applications and Resources", Proceedings of the IEEE Conference on Evolutionary Computation, Vol.1, No. 01TH8546, pp. 81-86, 2001.
19. Shi, Y., Eberhart, R.C., "A Modified Particle Swarm Optimizer", Proceedings of IEEE International Conference on Evolutionary Computation, No. 98TH8360, pp. 69–73, Anchorage, AK, 1998.
20. Bratton, D., Kennedy, J., "Defining a Standard for Particle Swarm Optimization", 2007 IEEE Swarm Intelligence Symposium, pp. 120-127, 2007.
21. Saremi, S., Mirjalili, S., Lewis, A., "Grasshopper Optimization Algorithm: Theory and Application", Advances in Engineering Software, Vol. 105, pp. 30-47, 2017.
22. PHAM, D. T., et al., "The bees algorithm", Technical Note, Manufacturing Engineering Centre, Cardiff University, UK, 2005.
23. PHAM, D. T., et al., "The bees algorithm—a novel tool for complex optimization problems", Intelligent Production Machines and Systems, pp. 454-459, Elsevier Science Ltd, 2006.