سامانهٔ مدیریت اعتماد مبتنی‌بر آنتروپی جهت کاهش رفتارهای بدخواهانه در سامانه‌های مدیریت اعتماد بر اساس نظریه اخلاق اطلاعاتی

امیر خشکبارچی* و حمیدرضا شهریاری
دانشکدهٔ مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، تهران، ایران

چکیده

سامانه‌های مدیریت اعتماد در محیط‌های تعاملی، جایی که یک عامل باید در مورد استفاده از یک خدمات تصمیم بگیرد، استفاده می‌شوند. به‌دلیل فراگیرشدن این سامانه‌ها، موجودیت‌های بدخواه انگیزهٔ مضاعفی برای تأثیرگذاری بر سامانه‌های مدیریت اعتماد و ایجاد خدشه در فرایند تصمیم‌گیری دارند. با وجود روش‌های ارائه‌شده برای کاهش فعالیت‌های مخرب در الگوهای اعتماد قبلی، بسیاری از آنها نتوانستند به‌طور مؤثر این مشکل را حل کنند. به‌عنوان مثال، مقابله با تغییر رفتار عامل‌ها یک مشکل رایج برای بسیاری از الگوهای اعتماد است. علاوه‌بر این، هیچ رویکرد قوی، منعطف و تطبیقی ارائه نشده‌است و این مشکل همچنان وجود دارد. در این مقاله، رویکرد جدیدی برای جلوگیری از اعمال مخرب و شناسایی ناهنجاری‌ها با استفاده از یک سامانهٔ مدیریت اعتماد مبتنی‌بر آنتروپی با قابلیت تشخیص ویژگی‌های ذاتی اقدامات عامل‌ها، اعم از اینکه اقدام مخرب باشد یا خیر، ارائه شده‌است. محاسبهٔ اعتماد بر اساس ساختار آنتروپی، از نظریهٔ اخلاق اطلاعات الهام گرفته‌شده‌است. با استفاده از این روش، اقدامات مخربی که سامانهٔ مدیریت اعتماد را مختل می‌کنند، پالایش می‌شوند و در نتیجه، دقت محاسبهٔ اعتماد افزایش می‌یابد. نتایج تجربی حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که عملکرد سامانهٔ پیشنهادی از نظر دقت محاسبه، قابلیت اعتماد خدمات و همچنین، تشخیص رفتار مخرب عامل‌ها قابل‌قبول است. به‌طور ویژه، الگوی پیشنهادی از نظر سرعت انطباق با تغییرات محیطی و رفتارهای متغیر عامل‌ها، حدود ده درصد نسبت به الگوهای اعتماد شناخته‌شده بهبود یافته‌است.

واژگان کلیدی: اعتماد، نظریه اخلاق اطلاعاتی، آنتروپی، کشف خدمات، محیط مبتنی‌بر سامانه، مبتنی بر سرویس، مبتنی‌بر خدمات

Entropy-Based Trust Management System for Mitigating Malicious Behaviors in Trust Management Systems, Considering Information Ethics Theory

Amir Khoshkbarchi *And Hamid Reza Shahriari

[1, 2] Department of Computer Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

Trust management systems are used in interactive environments, where an agent needs to make a decision about using a service. Due to the preponderance of these systems, malicious entities have strong incentives to influence trust management systems and divert their decisions. In spite of approaches presented in previous trust models to mitigate the malicious activities, many of them could not cope with the problem efficiently. For example, tackling the variable behavior of agents is a common failure point for many trust models. Moreover, no rigid, flexible and adaptive general approach has been presented and the problem somehow remains.

This paper presents a novel approach to prevent malicious actions and identify anomalies using an entropy-based trust management system. The system is capable of recognizing the intrinsic characteristics of actions, determining whether they are malicious or not. To achieve this, the

* نویسندهٔ عهده‌دار مکاتبات
* Corresponding author

• تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۲/۱/۱۲ • تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲۷ • تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۲۹ • نوع مطالعه: پژوهشی

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

information environment is divided into four main parts based on entropy changes. Trust calculation in this system relies on an entropy structure derived from information ethics theory. To enhance the system's resistance and resilience against malicious behavior, it is important to understand the nature of the actions performed by the agents. To accomplish this, we define the patterns of entropy changes for the four parts and use these patterns to identify and refine the nature of actions as good, bad, or insignificant. The simulation-based experimental results indicate that the proposed system shows promising performance in terms of accurately calculating trust and detecting malicious behavior. Specifically, the proposed system exhibits a 10 percent advantage over well-known trust systems with regards to swiftly adapting to environmental changes and diverse agent behaviors. Moreover, the observed experiments have displayed a notable trend in the fluctuation of good, bad, and insignificant actions. The results indicate a consistent increase in the number of good actions and a corresponding decrease in bad actions. Put simply, the method demonstrates improvement over time through repeated system implementations. This improvement can be attributed to the agents' heightened honesty as they gain a better understanding of the nature of their actions. Additionally, the provision of feedback on their behavior plays a pivotal role in reinforcing more accurate decision-making within the system.

Keywords: Trust, Information Ethics Theory, Entropy, Service Discovery, Service-Oriented environment

۱- مقدمه

به‌منظور جلوگیری از خطا و خرابی در محیط‌های مبتنی‌بر خدمات، نیازمند شناسایی رفتارهای مخرب و فریب‌کارانه هستیم. این امر می‌تواند به‌وسیلهٔ سامانهٔ مدیریت اعتماد[1] انجام شود [۱]. در برخی از سامانه‌ها، چنین خطاهایی مستعد ایجاد شکست‌های بی‌شمار و جدی در تشخیص خدمات مناسب می‌شوند. پویایی و تصادفی‌بودن از خصوصیات ذاتی محیط‌های مبتنی‌بر سامانه[2] است. فراهم‌کنندگان مختلف خدمات که خدمات‌هایی با عملکرد یکسان و کیفیت‌های متفاوت ارائه می‌کنند و همچنین، توصیه‌کنندگان با الگوهای رفتاری متفاوت و پویا برخی از عناصر متداول محیط مبتنی‌بر سامانه هستند [۲]. با این حال، انصاف و صداقت در چنین محیط‌هایِ غیرقابل پیش‌بینی بسیار نادر است [۳]. به‌عنوان مثال، توصیه‌کنندگان ممکن است توصیه‌های فریبنده‌ای برای رسیدن به اهداف غیرمنصفانه و خصمانهٔ خود ارائه دهند. علاوه‌بر این، بسیاری از فراهم‌کننده‌های خدمات، عملکردی را که از خدمات پیشنهادی خود دارند، ارائه نمی‌دهند. بنابراین، اقداماتی از این دست موجب تأثیر منفی در فرایند تصمیم‌گیری راجع‌به قابلیّت اعتماد یک خدمات، یا میزان اعتماد یک عامل در محیط مبتنی‌بر سامانه می‌شود. این امر نیاز به سامانه‌های اعتماد را، که بخشی جدایی‌ناپذیر از برنامه‌های کاربردی و ابزارهای پشتیبانی تصمیم در نظر گرفته‌می‌شود، توجیه می‌کند. از این برنامه‌های کاربردی برای کاهش خطر در معاملات برخط، شبکه‌های سیار و بی‌سیم، تعاملات اجتماعی در بستر وب، شبکه‌های اجتماعی و اینترنت اشیا استفاده می‌شود. به‌کارگیری سامانه‌های اعتماد باعث افزایش کیفیت ارتباطات و خدمات می‌شود؛ که این امر نیز با ایجاد انگیزه برای رفتار منصفانه و خوب، ارائهٔ خدمات با کیفیت بالا و ممنوعیت رفتار بد و فعالیت‌های مخرب حاصل می‌شود.

اعتماد، ریشهٔ اخلاقی در ذهن انسان و جوامع بشری دارد. لاهنو اعتماد را در بستر فلسفی این‌گونه تعریف می‌کند: «اعتماد عبارت است از کنش و واکنش خطرناک ناشی از روابط شخصی و اخلاقی بین دو موجودیت»؛ [۴] و در برخی مراجع از اعتماد به‌عنوان فعالیت اخلاقی یاد می‌شود [۵]. بنابراین، اعتماد یکی از ابعاد اخلاق است. مطالعات بی‌شماری در مورد رابطه بین مفهوم اعتماد و اخلاق انجام شده‌است [۶]-[۸].

فلوریدی یک سامانهٔ اخلاقی را برای محیط‌های اطلاعاتی بر اساس اصول نظریهٔ اطلاعات توسعه داده‌است [۹]-[۱۱]. جنبهٔ محاسباتی نظریهٔ اخلاق اطلاعاتی را می‌توان مبتنی‌بر آنتروپی اطلاعات و نظریهٔ اطلاعات شانون دانست. نظریهٔ اخلاق اطلاعات (IE) آنتروپی[3] اطلاعات را به‌عنوان معیاری برای سنجش اخلاقی‌بودن/ نبودن اقدامات در یک محیط اطلاعاتی درنظرمی‌گیرد؛ بنابراین، بر اساس نظریهٔ اخلاق اطلاعاتی امکان سنجش میزان اخلاقی‌بودن یک اقدام در محیط اطلاعاتی وجود دارد. با درنظرگرفتن ماهیت اخلاقی اعتماد، تغییرات آنتروپی در حوزهٔ اخلاق اطلاعاتی می‌تواند تخمین خوبی از اعتماد ارائه دهد.

برای محاسبهٔ اعتماد در یک محیط مبتنی‌بر سامانه به‌عنوان مثالی از فضای اطلاعاتی بررسی‌شده، دو منبع اطلاعاتی یعنی تجربیات شخصی کاربر و نظرات یا

[1] Trust Management System (TMS)
[2] Service-oriented Environment (SoE)
[3] Entropy

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

پیشنهادهای عامل‌های توصیه‌کنندهٔ حاضر در محیط وجود دارد. شهرت چیزی جز تجمیع نظرات عامل‌ها نیست. هرچه اختلاف بین نظرات کمتر باشد، (نظرات یکسان) میزان شهرت عامل افزایش می‌یابد. هرچه تنوع نظرات افزایش یابد، میزان آنتروپی محیط نیز نافزایش می‌یابد. پس با افزایش تنوع بین نظرات، میزان آنتروپی بیشتر و میزان شهرت کمتر می‌شود؛ و با کاهش شهرت یک عامل، میزان اعتماد به آن نیز کمتر خواهدشد؛ بنابراین، اعتماد و آنتروپی رابطهٔ عکس با یکدیگر دارند [۴۸].

همان‌طورکه می‌دانیم، محاسبهٔ اعتماد در محیط مبتنی‌بر سامانه بر اساس توصیه‌ها و نظرات ارائه‌شده از سوی عامل‌ها و کاربران حاضر در محیط و تحلیل‌های ذهنی کاربر متقاضی خدمات صورت می‌پذیرد. در واقع یکی از دو مؤلفهٔ محاسبهٔ اعتماد، بر پایهٔ نظرات عامل‌های توصیه‌کننده است. شهرت چیزی جز توافق جمعی نظرات بین کاربران دررابطه‌با یک مورد هدف نیست و پر واضح است که گوناگونی و عدم‌توافق بین نظرات که یکی از مصادیق آنتروپی است، در محاسبهٔ اعتماد تأثیر مستقیم دارد [۴۳].

روش‌ها و الگوهای مختلفی برای توسعهٔ سامانه‌های اعتماد برای محیط مبتنی‌بر سامانه پیشنهاد شده‌است که کاربران را برای کشف خدمات‌های بهتر راهنمایی می‌کنند. بسیاری از رویکردها، روش‌ها و سامانه‌های ارائه‌شده، درخصوص راه‌حل‌های موردی و مسئله‌محور و برای مشکلاتی که به‌طور متداول وجود دارند، توسعه یافته‌اند. این رویکردها اغلب تمایل دارند که محیط را بر اساس مجموعهٔ محدودی از مؤلّفه‌ها الگو کنند که بهترین تناسب را با مشکلات و مسائل خاص آنها دارند. این امر منجر به نادیده‌گرفتن شمار زیادی از ویژگی‌های چنین محیط‌های پیچیده‌ای می‌شود و دقت محاسبه میزان قابلیت اعتماد خدمات‌ها، عامل‌ها و موجویت‌های هوشمند محیط را کاهش می‌دهد [۱۲]، [۱۳].

در مقالهٔ حاضر، با استفاده از نظریهٔ اخلاق اطلاعاتی، یک سامانهٔ مدیریت اعتماد ارائه کرده و اقدامات عامل‌ها در یک محیط مبتنی‌بر سامانه را بررسی می‌کنیم، درواقع، یک سامانهٔ اعتماد محاسباتی مبتنی‌بر آنتروپی با درنظرگرفتن ماهیت اقدامات صورت‌گرفته توسط عامل‌ها و نتیجهٔ تغییرات آنتروپی را که در پی انجام اقدامات در محیط ایجاد می‌شود، توسعه می‌دهیم.

اقدامات عامل‌ها بر اساس تغییرات آنتروپی مربوط به آنها دسته‌بندی می‌شوند. اقداماتی که باعث افزایش آنتروپی در سامانهٔ اعتماد می‌شود، به‌عنوان اقدامات بد (بدخواهانه یا غیرمنصفانه) درنظرگرفته‌می‌شوند. این امر یک مبنای کمی و محاسباتی برای تشخیص منصف‌بودن عامل‌ها و اقدامات آنها ارائه می‌دهد. بر اساس این رویکرد، همهٔ اقدامات مخرب، از جمله اقداماتی که به‌صورت فردی یا گروهی انجام می‌شود، آنتروپی را به شیوه‌ای غیرمتعارف افزایش می‌دهد.

برای نشان‌دادن عملکرد و نتایج روش و مقایسهٔ روش پیشنهادی با سایر روش‌ها، آزمایش‌هایی روی دو سامانهٔ مدیریت اعتماد معروف، eBay و Beta انجام شده‌است. در نهایت، توانمندی این سامانه‌ها را بر اساس برخی از معیارهای بازدهی و دقت مشخص‌شده ارزیابی و مقایسه کردیم [۱۴]-[۲۰]. روش پیشنهادی می‌تواند در تمام محیط‌های مبتنی‌بر سامانه از جمله محیط‌های مربوط به اینترنت اشیا، شبکه‌های حسگر بی‌سیم و شبکه‌های اجتماعی استفاده شود.

در ادامه، متن مقاله به شرح زیر سازمان‌دهی شده‌است: در بخش (۲)، بررسی مختصری از مرتبط‌ترین الگوها و راهکارها در زمینه سامانه‌های اعتماد مقاوم ارائه شده‌است. بخش (۳) به تشریح سامانهٔ مدیریت اعتماد پیشنهادی و همچنین، نحوهٔ تشخیص ماهیت اقدامات می‌پردازد. برخی از آزمایش‌های تجربی حاصل از شبیه‌سازی انجام‌شده برای ارزیابی الگوی پیشنهادی در بخش (۴) ارائه شده‌است. در نهایت، در بخش (۵)، مقاله با بحث و نتیجه‌گیری پیرامون سامانهٔ پیشنهادی به پایان می‌رسد.

۲-کارهای مرتبط پیشین

یکی از چالش‌های اصلی سامانه‌های مدیریت اعتماد حاضر توانایی مقابلهٔ سامانه با تهدیدهای واردشده به خود سامانهٔ اعتماد است. بارزترین عملی که باعث به‌اشتباه‌انداختن یک سامانهٔ اعتماد می‌شود، ارائه نظرات و توصیه‌های اشتباه و با مقاصد بدخواهانه به سامانه است [۴۹]. الگوها و روش‌های مختلفی برای مقابله با این مسئله ارائه شده‌است؛ ولی دقت و عملکرد آنها باتوجه‌به پیچیدگی رفتارهای انسانی و تغییر الگوی اعمال بدخواهانه کفایت نمی‌کند. علاوه‌بر این، الگوها و روش‌های ارائه‌شدهٔ پیشین به‌طور عمد مسئله‌محور بوده که با تغییر شرایط و عوامل دخیل در مسئله و همچنین، در مواجهه با مسائل جدید توانایی و بازدهی لازم را از دست داده و دچار اختلال در تصمیم‌گیری می‌شوند. هدف سامانه‌های مدیریت اعتماد فراهم‌سازی امکان تصمیم‌گیری در چنین شرایط غیرقطعی و بر اساس اعتماد است. تصمیمات امنیتی سامانه، مانند تشخیص ناهنجاری[4]، ارائه خدمات ایمن[5]،

[4] Anomaly Detection

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

احراز هویت[6] و مدیریّت دسترسی[7] از قابلیت اعتماد محاسبه‌شده بهره می‌برند [۲۱]. بااین‌حال، ممکن است از خود این سامانه‌ها به‌عنوان یک هدف به‌وسیلهٔ عوامل مخرب استفاده شود [۲۲]. استحکام سامانهٔ مدیریت اعتماد در محیط‌های متخاصم (باتوجه‌به تأثیرات عوامل مخرب) توجه زیادی را در ادبیات حوزهٔ امنیت نرم به خود جلب کرده‌است. برای توصیف الگوهای اعتماد قوی، به بررسی حملات در سامانه‌های اعتماد و انواع آن‌ها می‌پردازیم.

در سامانه‌های مدیریت اعتماد، مهاجمان بازیگرانی متخاصم هستند که به‌وسیلهٔ اهداف خودخواهانه یا بدخواهانه هدایت می‌شوند. حملات مهاجمان خودخواه برای برآورده‌کردن منافع شخصی صورت می‌گیرد، درحالی‌که هدف مهاجمان مخرب تضعیف اعتماد دیگران و ایجاد خدشه در عملکرد سامانهٔ اعتماد است. به‌طور کلی، می‌توان اعمال بدخواهانه را در سه بخش کلی دسته‌بندی کرد و در هر بخش حملات شناخته‌شده‌ای وجود دارد که به‌تفکیک تشریح می‌شود:

I. توصیه‌های غیرمنصفانه

عامل‌های بدخواه با مقاصد خراب‌کارانه توصیه‌های نادرستی در مورد رفتار عوامل حاضر در محیط در اختیار دیگران قرار می‌دهند. این نوع حملات می‌توانند به‌صورت انفرادی و توسط یک شخص، یا جهت اعمال تأثیرات گسترده‌تر در قالب تبانی بین عوامل بدخواه انجام شود. حملاتی چون بدگویی[8]، خودبالابری[9] و نظرات تصادفی در این دسته طبقه‌بندی می‌شوند.

II. حملات مربوط به مدیریت شناسه‌ها

این نوع حملات به نحوهٔ احراز هویت موجودیت‌ها در جامعه و چگونگی مدیریت شناسه‌ها مرتبط بوده و عامل‌ها قابلیت‌هایی نظیر امکان تعریف چندین هویت در سامانه، می‌توانند رفتارهایی بدخواهانه از خود نشان دهند. حملاتی چون حمله شخص میانی[10]، حمله سایبیل[11] و حملات مربوط به تازه‌واردان[12] در این دسته طبقه‌بندی می‌شوند.

III. رفتارهای ناهماهنگ

رفتار برخی عامل‌ها ممکن است همواره و در شرایط و موقعیت‌های گوناگون ثابت نبوده و به‌صورت ازپیش‌تعیین‌شده و به قصد تخریب در سامانه، در مواردی رفتار متناقض از خود نشان دهند و به این ترتیب، سامانه را برای واکنش در برابر رفتار خود دچار سردرگمی کنند. حملاتی چون رفتار متناقض با موجودیت‌های مختلف[13]، حملهٔ روشن-خاموش[14] و جعل شهرت از نمونه‌های شناخته‌شدهٔ این دسته از حملات محسوب می‌شوند.

بیش از یک دهه است که تجزیه و تحلیل و ارزیابی عملکرد سامانه‌های مدیریت اعتماد در محیط‌های متخاصم یکی از حوزه‌های پژوهشی داغ محسوب می‌شود. هافمن و همکاران در [31]، روش‌های دفاعی برای مقابله با حملات را در سامانه‌های مدیریت شهرت ارزیابی کردند. آنها از معیارهای مقاومت خاصی به‌منظور مقایسهٔ بیست و چهار نمونه، از سامانه‌های مدیریت اعتماد معروف بهره برده‌اند.

جوسانگ و همکاران در [16] و همچنین، واویلیس و همکاران در[32] و مارمول در[33] ، در مورد عوامل مخرب و بدخواه، پژوهش‌های گسترده‌ای انجام داده و منتشر کرده‌اند و در آن‌ها نگرانی‌های امنیتی و موانعی که سامانه‌های مدیریت اعتماد با آن روبه‌رو هستند، بررسی شده‌است. نوریان و همکاران [34] معیارهای مقایسه‌ای را برای ارزیابی امنیتی سامانه‌های مدیریت اعتماد ارائه کردند. به‌تازگی، براگا و همکاران [35] حدود چهل مطالعهٔ معاصر را در مورد اعتماد محاسباتی و سامانه‌های شهرت مقایسه کردند. این مطالعه بر اساس ویژگی‌های مشابه، مجموعه‌ای از معیارها را برای مقایسه سامانه‌های مدیریت اعتماد ارائه کرده، سپس مقالات را با استفاده از معیارهای تعیین‌شده ارزیابی کردند.

مطالعات دیگر، همانند مواردی که در بالا توضیح داده‌شد، تلاش کردند تا نظریّات سامانه‌های مدیریت اعتماد همچون گنجاندن تهدیدات امنیتی جهت مقایسهٔ این سامانه‌ها را با استفاده از مجموعه‌ای از معیارهای امنیتی توضیح داده و دسته‌بندی کنند. این مطالعات به‌طور عمده، مبتنی‌بر تجزیه و تحلیل تصادفی، موردی یا شهودی هستند و روشی مبتنی‌بر الگو یا الگویی در این حوزه از مطالعات ارائه نشده‌است.

مطالعات حاوی تجزیه و تحلیل مبتنی‌بر الگو در گروه متفاوتی قرار می‌گیرند. الگوهای پیشنهادی این دسته به‌طور عموم، یا برای سامانه‌های مدیریت اعتماد خاص یا جهت مقابله با حملات خاص ارائه شده‌اند. به‌عنوان مثال، حملهٔ روشن-خاموش در شبکه‌های حسگر

[5] Secure Service Provision
[6] Authentication
[7] Access Control
[8] Bad-mouthing
[9] Self-Promoting
[10] Man in the middle
[11] Sybil
[12] Newcomer
[13] Conflicting Behavior Attack
[14] One-off Attack

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

بی‌سیم مورد توجه شی و همکاران [۲۰]، چِن و همکاران [۳۶] و پِرون و همکاران [۳۷] بوده‌است. پژوهش‌های دیگری همچون وانگ و همکاران [۳۸]، [۳۹] برای بررسی حملات تبانی در سامانه‌های مدیریت اعتماد، ارائه شده‌است. الگوهای پیشنهادی بسیار پیچیده‌تر از آن است که برای سایر حملات یا سامانه‌های مدیریت اعتماد قابل‌استفاده باشد.

در پژوهشی دیگر، چو و همکاران [۴۰] از شبکه‌های پتری و الگوی هزینه/ پاداش برای بررسی رفتار بدخواهانهٔ عامل‌ها در محیط استفاده کردند. هر دو الگو با هدف خاصی طراحی شده‌اند، ولی با سامانه‌های مدیریت اعتماد مختلف یا حملات اعتماد سازگار نیستند.

آلدینی و همکاران [۴۱] به‌ترتیب از فرآیندهای تصمیم‌گیری مارکوف[15] و مکانیزم هزینه/ پاداش برای توصیف سامانه‌های مدیریت اعتماد و سناریوهای تعامل با عامل هوشمند استفاده کردند. اگرچه این روش‌های الگوسازی مناسب و مفید هستند، ولی هر دو الگو فاقد رسمیت لازم برای پشتیبانی از طیف گسترده‌ای از سامانه‌های مدیریت اعتماد و نحوهٔ برخورد با سوءاستفاده‌های احتمالی‌اند. پژوهشی دیگر در این زمینه، الگوسازی اعتماد مبتنی‌بر منطق مولر و همکاران [۴۲] است. پژوهش‌گران این مطالعه معتقدند که اعتماد یک مفهوم بولی است. باتوجه‌به‌این‌که این الگوسازی از ماهیت احتمالی و چندعاملی‌بودن اعتماد پیروی نمی‌کند، تنها برای تعداد کمی از سامانه‌های مدیریت اعتماد قابل‌استفاده است.

باتوجه‌به نظریهٔ اخلاق اطلاعاتی [9]، [10]، [43]، بسیاری از الگوهای اعتماد موجود در دستهٔ اخلاق خُرد[16] قرار می‌گیرند؛ یعنی الگوهای اخلاقی که برآوردها و محاسبات خود را بر اساس مجموعهٔ محدودی از مفاهیم اخلاقی می‌سازند. این الگوها برخی از شاخص‌های معیّن از محیط را در نظر گرفته و با ارائهٔ تفسیرهای رسمی محکم از رفتار «خوب» و «بد» عامل‌ها در محیط در مورد آن شاخص‌ها، مبنای محاسباتی خود را ایجاد می‌کنند و بسیاری از شاخص‌ها و ویژگی‌های اطلاعاتی دیگر را نادیده می‌گیرند.

همان‌طورکه نظریهٔ اخلاق اطلاعاتی بیان می‌کند، یک نگرش اخلاقی کلان[17] از محیط‌های اطلاعاتی می‌تواند دید جامع‌تری از محیط ارائه دهد. نظریهٔ اخلاق اطلاعاتی مفهوم آنتروپی اطلاعاتی را به‌عنوان یک مؤلّفهٔ محاسباتی معرفی می‌کند که می‌تواند هر مفهوم مشخصهٔ محیطی را در شرایط اخلاقی قابل محاسبه کند. بنابراین، یک الگوی اعتماد مبتنی‌بر آنتروپی به‌طور بالقوه می‌تواند هر موجودیت و مفهوم مهمی را در محاسبات تخمین اعتماد خود پوشش دهد. در بخش بعدی یک الگوی اعتماد مبتنی‌بر آنتروپی را توضیح خواهیم‌داد.

تمامی روش‌های مختل و گمراه‌کردن سامانه‌های اعتماد، اعم از عمدی یا سهوی، به‌طور جزئی یا کلی باعث ایجاد ناهنجاری در فضای اطلاعاتی موردبررسی (برای مثال محیط مبتنی‌بر سامانه) می‌شوند. تشخیص ناهنجاری‌ها و جلوگیری از تکرار آنها می‌تواند از رفتارهای مخرب جلوگیری کند و قابلیت اعتماد سامانه را افزایش دهد. ناهنجاری‌های ایجادشده در فضای اطلاعاتی موجب ازدست‌رفتن اطلاعات در مورد ساختار و عملکرد سامانهٔ اعتماد می‌شود که در نتیجهٔ این فقدان اطلاعاتی، آنتروپی محیط افزایش می‌یابد. در نتیجه، با رعایت اصول اخلاق اطلاعاتی، جلوگیری از ایجاد آنتروپی و کاهش آن، می‌توان از ایجاد و افزایش ناهنجاری‌های محیطی که اغلب با مقاصد بدخواهانه همراه هستند، جلوگیری کرد. در این مقاله بر اساس تغییرات آنتروپی به شناسایی ماهیت اقدامات عامل‌ها می‌پردازیم، به عبارت دیگر، با شناسایی اقدامات انجام‌شده به‌وسیلهٔ عامل‌ها می‌توان از بروز رفتارهای مخرب جلوگیری کرد. در ادامه به تشریح و الگو-سازی روش پیشنهادی می‌پردازیم.

۳- ساختار آنتروپی در سامانهٔ مدیریت اعتماد بر اساس شناسایی اقدامات

ساختار آنتروپی در سامانه‌های مدیریت اعتماد مبتنی‌بر شناسایی اقدامات[18] (ESTAR)، یک سامانهٔ مدیریت اعتماد برای کاهش رفتارهای مخرب بر اساس تغییرات آنتروپی و شناسایی اقدامات بوده و در اساس، مبتنی‌بر نظریه اخلاق اطلاعاتی و الگوسازی ساختار آنتروپی است. نظریهٔ اخلاق اطلاعاتی فلوریدی [۹]-[۱۱] آنتروپی اطلاعات را به‌عنوان معیاری برای اخلاقی/ بی‌اخلاق بودن رفتار عامل‌ها در محیط‌های اطلاعاتی در نظر می‌گیرد. بنابراین، می‌تواند مبنای خوبی برای رویکرد محاسباتی اعتماد به‌عنوان یک مفهوم در اصل، اخلاقی باشد. در [۹] و [۱۱]، افزایش آنتروپی به‌عنوان شاخصی از رفتار غیراخلاقی درنظرگرفته‌شده‌است. بر این اساس، ما در این مقاله یک الگوی ارزیابی اعتماد مبتنی‌بر محاسبات آنتروپی مرتبط با رفتارهای عامل‌ها، یعنی نظرات و توصیه‌ها، پیشنهاد می‌کنیم. شکل (۱) روابط بین مفاهیم

[15] Markov Decision Processes (MDP)
[16] Micro-ethics
[17] Macro-ethics
[18] Entropy Structure in TMS based on Actions Recognition (ESTAR)

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

اصلی و روش‌شناسی رویکرد ارائه‌شده را نشان می‌دهد. همچنین، این رویکرد راه را برای استفاده از محاسبات عمیق و توسعه‌یافته برای آنتروپی در نظریهٔ اطلاعات شانون هموار می‌کند.

شرح مفصلی از محاسبات اعتماد در این الگو، پیشتر در [۴۴] منتشر شده‌است که هدف آن شناسایی خدمات قابل اعتماد در یک محیط مبتنی‌بر سامانه است. در اینجا به بررسی مختصری از محاسبات اعتماد مبتنی‌بر آنتروپی می‌پردازیم و سپس آنها را برای تشخیص ماهیت اخلاقی اقدامات عامل‌ها در محیط به کار می‌بریم. برای توسعهٔ سامانه، چهار دسته از عناصر آنتروپی در یک محیط مبتنی‌بر سامانه مشخص کردیم. سپس، یک روش محاسبه آنتروپی خاص برای هریک از این دسته‌ها بر اساس محاسبه آنتروپی ارائه‌شده در نظریهٔ اطلاعات شانون ارائه کردیم. سامانهٔ اعتماد این چهار مقدار آنتروپی را برای تعیین آنتروپی کلی، و بنابراین، محاسبهٔ میزان اعتماد یک خدمات ویژه برای بهینه‌سازی انتخاب خدمات، ادغام می‌کند.

محاسبات بر روی یک ساختار ریاضی ایجادشده از حالت‌های آنتروپی محیط انجام می‌شود. اقدامات مختلف عامل‌ها در محیط بیان‌گر انتقال بین این حالات آنتروپی در ساختار است. در این بخش، نخست، این ساختار آنتروپی ویژه را به‌اختصار معرفی می‌کنیم؛ سپس، عناصر آنتروپی در محیط را به همراه محاسبات مربوط نشان می‌دهیم. برای انتخاب خدمات/ خدمات‌ها، تمام عناصر آنتروپی (دسته‌های آنتروپی) را جهت محاسبهٔ اعتماد کلی عامل‌ها و خدمات موجود در محیط، ادغام می‌کنیم. سپس، این محاسبات را برای ایجاد یک سامانهٔ ارزیابی اعتماد برای تشخیص وضعیت اخلاقی و قابل‌اعتمادبودن اقدامات انجام می‌دهیم.

۱-۳- ساختار آنتروپی

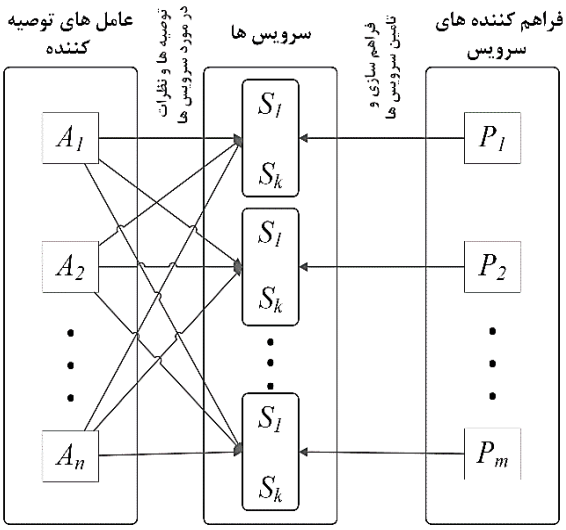
نخست، به‌طور خلاصه به تبیین ساختار آنتروپی موردنیاز برای محاسبهٔ اعتماد که در [۴۴] به‌طور کامل شرح دادیم، می‌پردازیم.

تعریف ۱: ساختار آنتروپی به‌صورت $(X, \leq, \square)$ تعریف می‌شود که در آن X مجموعه حالت‌های ممکن یک محیط معین را نشان می‌دهد، علامت $\leq$ نشان‌دهندهٔ یک رابطهٔ پیش‌ترتیب[19] بین حالات مختلف محیط است و $\square$ نشان‌دهندهٔ رابطهٔ هم‌ارزی[20] بین آن‌هاست.

تعریف ۲: حالتی از محیط به‌صورت هفت‌تایی تعریف می‌شود (رابطهٔ ۱) و در آن $A = \{a_1, a_2, ..., a_n\}$ که شامل مجموعهٔ عامل‌های توصیه‌کننده، $P = \{p_1, p_2, ..., p_m\}$ مجموعهٔ فراهم‌کنندگان خدمات، $S = \{s_1, s_2, ..., s_k\}$ مجموعهٔ خدمات، و u کاربری که می‌خواهد از برخی خدمات استفاده کند (کاربر جویای خدمات). سامانهٔ مدیریت اعتماد پیشنهادی برای کمک به کاربر جویای خدمات جهت یافتن خدمات/ خدمات‌های مناسب توسعه داده شده‌است.

$Rec = \bigcup_{i=1}^{n} Rec_{a_i}$ مجموعه‌ای از توصیه‌های تولیدشده به‌وسیلهٔ عامل‌های توصیه‌کننده، Sat_u مجموعه‌ای از نرخ رضایت کاربر بر اساس تجربیات خود از خدمات/ خدمات‌ها، و در نهایت، H آنتروپی کل محیط است. بنابراین، فضای حالت به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$X = \{\langle A, P, S, u, Rec, Sat_u, H \rangle_y \mid y \in \square\} \quad (۱)$$



(شکل-۲). ساختار جمع‌آوری توصیه‌ها در انبار دادهٔ کشف و به‌کارگیری خدمات

(Figure-2).The structure of collecting recommendations in the service discovery and consumption repository

Rec مجموعه‌ای از توصیه‌های تولیدشده به‌وسیلهٔ عامل‌ها در محیط که به‌صورت زیر در رابطهٔ (۲) قابل‌تعریف است:

$$Rec_{a_i} = \{(r_{i,j,l}, p_j, s_l) \mid p_j \in P, s_l \in S, i \in \{1,...,n\}, j \in \{1,...,m\}, l \in \{1,...,k\}\} \quad (۲)$$

به این ترتیب، Rec_{a_i} توصیهٔ عامل a_i در مورد خدمات s_l ارائه‌شده به‌وسیلهٔ فراهم‌کنندهٔ خدمات p_j است، و مقدار $r_{i,j,l}$ ۱ یا ۰ است که نشان‌دهندهٔ اعتماد یا بی‌اعتمادی عامل i'ام به خدمات l'ام ارائه‌شده به‌وسیلهٔ فراهم‌کنندهٔ j'ام است. شکل (۲)، ساختار توصیه‌های یک عامل را در طول زمان فعالیت او در محیط نشان می‌دهد.

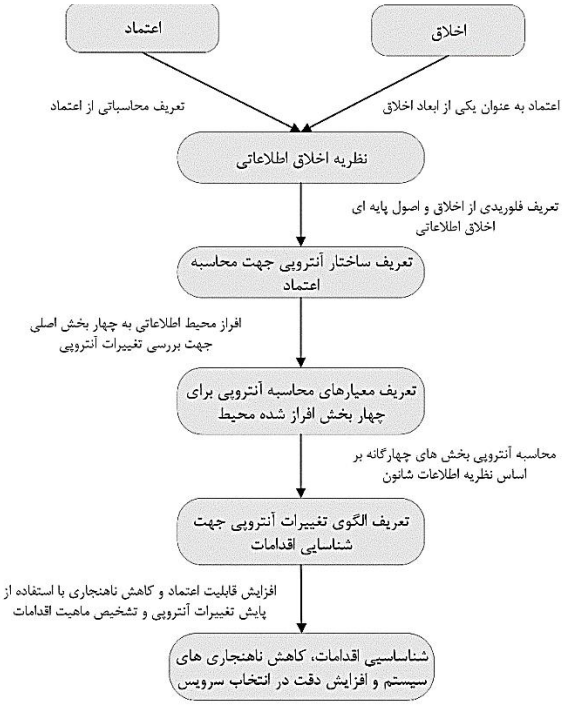
تعریف۳: توالی توصیه‌های عامل‌ها به‌صورتی‌که در رابطهٔ (۳) نمایش داده‌شده، قابل‌تعریف است:

[19] Pre-order
[20] Equivalence

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

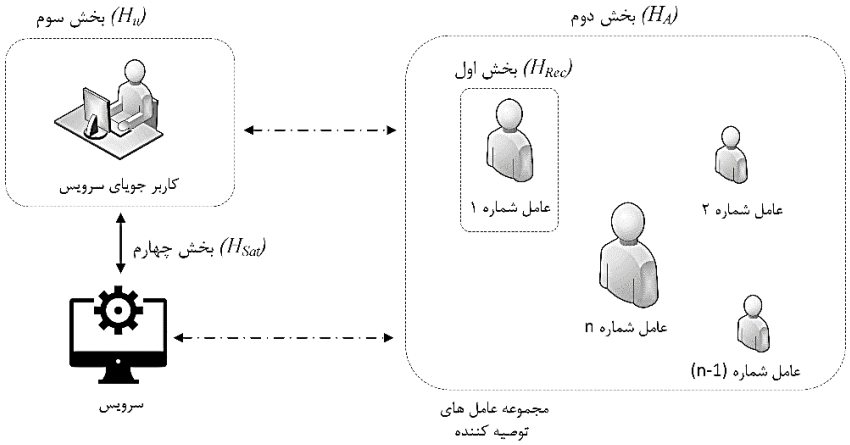
(۳)

$$O_{a_1} = <(r_{1,1,1}, p_1, s_1), \ldots, (r_{1,1,k}, p_1, s_k), \ldots, (r_{1,m,1}, p_m, s_1), \ldots, (r_{1,m,k}, p_m, s_k)>$$
$$O_{a2} = <(r_{2,1,1}, p_1, s_1), \ldots, (r_{2,1,k}, p_1, s_k), \ldots, (r_{2,m,1}, p_m, s_1), \ldots, (r_{2,m,k}, p_m, s_k)>$$
$$O_{a_3} = <(r_{3,1,1}, p_1, s_1), \ldots, (r_{3,1,k}, p_1, s_k), \ldots, (r_{3,m,1}, p_m, s_1), \ldots, (r_{3,m,k}, p_m, s_k)>$$
$$\vdots$$
$$O_{a_n} = <(r_{n,1,1}, p_1, s_1), \ldots, (r_{n,1,k}, p_1, s_k), \ldots, (r_{n,m,1}, p_m, s_1), \ldots, (r_{n,m,k}, p_m, s_k)>$$



(شکل-۱). روش‌شناسی روش پیشنهادی

(Figure-1). Methodology of the proposed method



(شکل-۳). موقعیت و مبدأ هریک از بخش‌ها و عناصر آنتروپی و موجودیت‌های حاضر در محیط

(Figure-3). The position and origin of each of the parts and elements of entropy and the entities in the environment

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

Sat_u مجموعه‌ای از میزان رضایت کاربر بر اساس تجربیات خود از خدمات/ خدمات‌هاست که به‌صورت زیر قابل‌تعریف است:

$$Sat_u = \{(c_{j,l}, p_j, s_l) \mid p_j \in P, s_l \in S, j \in \{1,...,m\}, l \in \{1,...,k\}\} \quad (۴)$$

در رابطهٔ (۴)، $c_{j,l}$ یک عدد حقیقی بین ۰ و ۱ است که تجربهٔ رضایت کاربر از خدمات l' ام ارائه‌شده توسط فراهم‌کنندهٔ j' ام را نشان می‌دهد.

H آنتروپی کل محیط موردبررسی است که به‌عنوان مجموعه چهارعنصری از مقادیر آنتروپی بخش‌های مختلف سامانه تعریف می‌شود و به‌صورت زیر قابل‌تعریف است:

$$H = \{H_{Rec}, H_A, H_u, H_{Sat}\} \quad (۵)$$

در رابطهٔ (۵)، چهار بخش آنتروپی به شرح زیر داریم:

I. H_{Rec}، بیان‌گر آنتروپی توصیه‌های عامل‌ها در طول زمان است.

II. H_A، بیان‌گر آنتروپی بین نظرات عامل‌های مختلف است.

III. H_u، بیان‌گر آنتروپی بین توصیه‌های عامل‌ها و تجربهٔ کاربر جویای خدمات است.

IV. H_{Sat}، بیان‌گر آنتروپی بین خدمات فراهم‌شده و میزان رضایت کاربر جویای خدمات است.

شکل (۳) موقعیت و مبدأ هر عنصر آنتروپی را در موجودیت‌های محیطی نشان می‌دهد. برای ارزیابی آنتروپی هر عنصر، باید ویژگی‌های بخش‌های آنتروپی، عوامل درگیر در هر بخش و برهم‌کنش‌های آنها را در نظر بگیریم.

تعریف ۴: ساختار سامانهٔ اعتماد یک سه‌گانه (X,T,λ) متشکل از فضای حالت (X)، تابع انتقال حالت (T) و تابع سطح آنتروپی (λ) است، که در آن، تابع انتقال حالت نگاشتی از فضای حالت به خودش است $(T: X \to X)$، و تابع سطح آنتروپی نگاشتی از فضای حالت به مجموعه اعداد حقیقی است $(\lambda: X \to \square)$. یک تغییر حالت می‌تواند با یک توصیه یا یک تجربه آغاز شود.

سطوح آنتروپی، تابع انتقال حالت و تابع سطح برای محاسبهٔ آنتروپی بر اساس ساختار سامانهٔ اعتماد قابل‌تعریف هستند. همان‌طورکه در تعریف (۱) و تعریف (۴) توضیح داده‌شد، ما به یک تابع سطح نیاز داریم تا حالت‌ها را بر اساس روابط پیش‌ترتیب $(\leq)$ و هم ارزی $(\square)$ مقایسه کنیم. این تابع یک مقدار عددی برای این مقایسه ارائه می‌دهد. برای هر جفت از حالت‌های x و x' اگر سطح آنتروپی x از x' پایین‌تر باشد، خواهیم داشت: $Level(x) \leq Level(x')$.

اگر دو حالت، سطح آنتروپی یکسانی داشته‌باشند، می‌توانیم توابع سطح را به این صورت درنظربگیریم: $Level(x) \square Level(x')$. اکنون برای هریک از چهار بخش معرفی‌شده در بالا یک تابع سطح تعریف می‌کنیم. محاسبهٔ آنتروپی کل برای محیط مبتنی‌بر سامانه، بر اساس تجمیع آنتروپی چهار بخش، قابل‌محاسبه خواهدبود.

۲-۳- عناصر آنتروپی در یک محیط مبتنی‌بر سامانه

باتوجه‌به [۴۴]، الگوی پیشنهادی شامل چهار عنصر آنتروپی اصلی در کل آنتروپی یک محیط مبتنی‌بر سامانه است. روش محاسبهٔ هریک از عناصر در ادامه ارائه شده‌است.

۱-۲-۳- آنتروپی نظرات عامل‌ها در طول زمان

نخستین عنصر آنتروپی معرفی‌شده با تغییراتی در توصیه‌های یک عامل خاص در طول زمان همراه است. معادلهٔ (۶) این آنتروپی را برای توصیه‌های ارائه‌شده به‌وسیلهٔ یک عامل خاص در یک خدمات خاص محاسبه می‌کند.

$$H_{Rec}^{a_i,s_l} = -\sum_{y=1}^{t_c-1} (\alpha^{(t_c-t_y)} \times d_{Rec}(\tau_{t_c}, \tau_{t_y}) \times log(d_{Rec}(\tau_{t_c}, \tau_{t_y}))) \quad (۶)$$

در این معادله، t_c زمان انجام محاسبات را نشان می‌دهد، t_y نشان‌دهندهٔ زمان‌هایی است که توصیه‌ها ارائه می‌شوند و α به‌عنوان ضریب محوشدن (فراموشی)[21] عددی بین ۰ تا ۱ است. این عامل تأثیر توصیه‌های جدید در محاسبه آنتروپی را نسبت به توصیه‌های قبلی افزایش می‌دهد.

برای محاسبهٔ آنتروپی، توصیه‌های یک عامل برای همهٔ خدمات در طول زمان، داریم:

$$H_{Rec}^{a_i} = \sum_{l=1}^{k} H_{Rec}^{a_i,s_l} \quad (۷)$$

در معادلهٔ (۷) ، $H_{Rec}^{a_i}$ آنتروپی توصیه‌های یک عامل برای همه خدمات‌ها را در طول زمان نشان می‌دهد.

[21] Fading Factor

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

در نهایت، از معادلهٔ زیر برای محاسبهٔ آنتروپی توصیه‌ها برای همهٔ عامل‌ها در طول زمان استفاده می‌شود.

$$H_{Rec} = \sum_{i=1}^{n} H_{Rec}^{a_i} \quad (۸)$$

۲-۲-۳- آنتروپی بین نظرات عامل‌های مختلف

آنتروپی بین نظرات عامل‌های مختلف در محیط تأثیر زیادی در آنتروپی کل دارد. تعریف (۳) شکل کلی توصیه‌های مرتبط با این عنصر آنتروپی را نشان می‌دهد. آنتروپی توصیه‌های عامل‌های مختلف باتوجه‌به تفاوت بین توالی نظرات عامل‌ها محاسبه می‌شود. از فاصله ژاکارد[۲۲] به‌عنوان معیار مقایسه و تفاوت نظرات و توصیه‌های عامل‌ها استفاده می‌کنیم. این فاصله به‌عنوان احتمال توصیهٔ منطقی برای محاسبهٔ آنتروپی درنظرگرفته‌می‌شود.

مجموع تمام این مقایسه‌های جفتی، مقدار کل آنتروپی مرتبط با این تفاوت‌ها را نشان می‌دهد:

$$H_A = -\sum_{i=1}^{n} \sum_{j\in\{1,\dots,n\}, j\neq i}^{n} (J_d(O_{a_i}, O_{a_j}) \times \log(J_d(O_{a_i}, O_{a_j}))) \quad (۹)$$

در این معادله، H_A آنتروپی کل بین نظرات عامل‌ها به‌عنوان شاخصی از تفاوت تمام توصیه‌های عامل‌ها در محیط است. توصیه‌های مشابه که به‌وسیلهٔ عامل‌های مختلف ایجاد می‌شوند، دلالت بر آنتروپی پایین‌تر در این بخش دارد.

۳-۲-۳- آنتروپی توصیه‌های عامل‌ها و تجربهٔ کاربر جویای خدمات

کاربر جویای خدمات، تجربیات خود را از خدمات مختلف پیگیری می‌کند و سپس این تجربیات را برای تصمیمات آینده در مورد استفاده از آن‌ها محاسبه می‌کند. تجربهٔ شخصی کاربر منبع بسیار مهمی از تخمین اعتماد در مورد خدمات است. آنتروپی بین تجربیات کاربر و توصیه‌های سایر عامل‌ها، تخمین کمی خوبی از اعتماد به عامل‌ها را به دست می‌دهد.

مانند عنصر آنتروپی قبلی، آنتروپی بین تجربهٔ شخصی کاربر و توصیه‌های سایر عامل‌ها نیز با فاصلهٔ ژاکارد از تجربه و توصیه‌ها محاسبه می‌شود:

$$H_u = -\sum_{i=1}^{n} (J_d(Sat_u, O_{a_i}) \times \log(J_d(Sat_u, O_{a_i}))) \quad (۱۰)$$

که در آن $J_d(Sat_u, O_{a_i})$ فاصلهٔ ژاکارد از تجربهٔ کاربر (Sat_u) و توالی توصیه‌های عامل a_i (O_{a_i}) است.

$$H_{Sat} = -(Sat_u \times \log Sat_u - (1-Sat_u) \times \log(1-Sat_u)) \quad (۱۱)$$

۴-۲-۳- آنتروپی خدمات دریافت‌شده و میزان رضایت کاربر جویای خدمات

یک کاربر جویای خدمات یک خدمات خاص را بر اساس نیازهای خود درخواست می‌کند. این درخواست ممکن است به‌وسیلهٔ خدمات مختلف پاسخ داده‌شود.

در اینجا، مسئلهٔ اصلی رضایت کاربر جویای خدمات از خدمات دریافتی است. به عبارت بهتر، تفاوت کمتر بین انتظارات کاربر و ویژگی‌های خدمات دریافتی نشان‌دهندهٔ انتخابی درست است.

این عنصر آنتروپی باتوجه‌به نسبت رضایت کاربر از یک خدمات خاص (Sat_u) و نسبت نارضایتی مربوط ($1-Sat_u$) قابل‌محاسبه است:

در رابطهٔ (۱۱)، H_{Sat} آنتروپی بین خدمات استفاده‌شده و رضایت کاربر است. این مقادیر رضایت/نارضایتی توسط کاربر بر اساس رضایت وی از خدمات تعیین می‌شود.

۳-۳- تجمیع آنتروپی و اعتماد خدمات

تجمیع مقادیر آنتروپی‌های جزئی (آنتروپی بخش‌ها) که در بالا معرفی شد، آنتروپی کل سامانهٔ مرتبط با یک انتقال (تغییر حالت در اثر یک اقدام به‌وسیلهٔ عامل‌ها یا کاربر جویای خدمات) خاص را به دست می‌دهد. این تجمیع به‌صورت مجموع وزن‌دار آنتروپی‌های جزئی محاسبه می‌شود. هر عنصر از معادلهٔ کل آنتروپی نشان‌دهندهٔ مقدار آنتروپی محاسبه‌شده برای یکی از بخش‌های محیط است:

$$H = \overline{w}_{Rec} \times H_{Rec} + \overline{w}_a \times H_A + \overline{w}_u \times H_u + \overline{w}_{Sat} \times H_{Sat} \quad (۱۲)$$

وزن‌های موجود در معادلهٔ (۱۲) باید اهمیت مقادیر آنتروپی متناظر خود را نشان دهند؛ یعنی تأثیر نسبی هر عنصر آنتروپی در کل آنتروپی سامانه مشخص می‌شود. برای به‌دست‌آوردن قابل‌اطمینان‌ترین تخمین آنتروپی، مقادیر وزن متناسب با مقدار اطلاعات حمایت‌کنندهٔ محیطی[۲۳] (مقدار اطلاعات حاصل از نظرات و سطح رضایت کاربر در بخش‌های چهارگانه) درنظرگرفته‌می‌شود:

[22] Jaccard Distance

[23] Environmental Supporting Information

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

$$w_{Rec} = |O_a|$$
$$w_a = |O_a|$$
$$w_u = |O_a| + |Sat| \quad (۱۳)$$
$$w_{Sat} = |Sat|$$

برای به‌دست‌آوردن یک مقدار معقول برای آنتروپی، وزن‌ها عادی/ طبیعی می‌شوند تا وزن کل آنتروپی‌ها برابر با یک باشد:

$$\overline{w}_{Rec} + \overline{w}_a + \overline{w}_u + \overline{w}_{Sat} = 1 \quad (۱۴)$$

پس‌از محاسبهٔ آنتروپی کل مرتبط با یک خدمات خاص، کاربر اعتماد خود را به خدمات مورد نظر دررابطه‌با این مقدار آنتروپی به‌صورت زیر محاسبه می‌کند:

$$Trustworthiness_{service_l} = \frac{1}{H} \quad (۱۵)$$

معادلهٔ (۱۵) ارزش اعتماد را به نسبت معکوس با کل آنتروپی محیط مرتبط تعریف می‌کند. یک آستانهٔ تصمیم برای ترسیم ارزش اعتماد به تصمیم در مورد استفاده یا عدم‌استفاده از خدمات استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال، با آستانهٔ تصمیم‌گیری ۰.۵، درصورتی‌که مقدار اعتماد محاسبه‌شده بالاتر از ۰.۵ باشد، کاربر از خدمات استفاده می‌کند.

۴-۳- شناسایی اقدامات مبتنی‌بر الگوی تغییرات آنتروپی

عناصر آنتروپی تحت‌تأثیر هر اقدام جدیدی که می‌تواند در قالب توصیه‌ها و نظراتی باشد که به‌وسیلهٔ عامل‌ها ارائه می‌شود، قرار گیرند. همچنین، اقدامات کاربر جویای خدمات، از جمله استفاده از خدمات و ارائهٔ نرخ رضایت نیز از جمله اقداماتی است که محیط را تحت‌تأثیر قرار داده و باید ارزیابی و بررسی شود. این تأثیر باعث افزایش یا کاهش سطح آنتروپی می‌شود و ممکن است در برخی موارد اثر قابل ملاحظه‌ای نداشته‌باشد.

همان‌طورکه در تعریف (۴) بیان شد، فضای حالت تحت‌تأثیر تابع انتقال به‌صورت مداوم دچار تغییر می‌شود و شاخص‌های A, P, S, u, H عوض می‌شوند. اما به‌منظور سهولت در نمایش، برای Rec و Sat سه حالت را در نظر می‌گیریم:

I. در فضای حالت، فقط توصیه‌ها و نظرات عامل‌ها دخیل باشد و سطح رضایت کاربر جویای خدمات وجود نداشته‌باشد. برای بیان آسان و سهولت در نمایش، از x به‌جای استفاده از $\langle A, P, S, u, Rec', Sat_u, H \rangle$ بهره می‌بریم و به‌صورت $T(x_i) = x_i'$ نمایش می‌دهیم.

II. در فضای حالت، فقط سطح رضایت کاربر جویای خدمات دخیل باشد و توصیه‌ها وجود نداشته‌باشد. برای بیان آسان، از y به‌جای استفاده از $\langle A, P, S, u, Rec, Sat_u', H \rangle$ بهره می‌بریم و به‌صورت $T(y_i) = y_i'$ نمایش می‌دهیم.

III. در فضای حالت، هم توصیه‌ها و نظرات عامل‌ها و هم سطح رضایت کاربر جویای خدمات دخیل باشد. برای بیان آسان، از z به‌جای استفاده از $\langle A, P, S, u, Rec', Sat_u', H \rangle$ بهره می‌بریم و به‌صورت $T(z_i) = z_i'$ نمایش می‌دهیم.

همان‌طورکه گفته‌شد، هر عملی در فضای اطلاعاتی یا باعث افزایش آنتروپی یا کاهش آن می‌شود، یا تغییر قابل‌توجهی در آنتروپی ایجاد نمی‌کند. برای پی‌گیری تغییرات آنتروپی، باید رویدادهای مهم تغییر آنتروپی را در نظر بگیریم. شناسایی و کاهش این رویدادها باعث افزایش قابلیت اعتماد سامانه و جلوگیری از رفتارهای مخرب در آن می‌شود.

۱-۴-۳- شناسایی اقدامات برای بخش نخست

تابع انتقال حالت برای بخش نخست سامانه فقط از توصیه‌ها تشکیل شده‌است ($T(x_i) = x_i'$).

تعریف ۵: اقدام خوب برای بخش نخست: هنگامی‌که یک توصیه به‌وسیلهٔ یک عامل ارائه می‌شود و در نتیجه، آنتروپی توصیه‌های عامل در طول زمان کاهش می‌یابد، اقدام، خوب یا عادی در نظر گرفته می‌شود:

$$\forall x, x' : X \bullet a_i \ Recommend \ Rec'_{a_i}(r_{i,j,l}, p_j, s_l)$$
$$\Rightarrow H^{a_i}_{Rec}(x') \le H^{a_i}_{Rec}(x) \quad (۱۶)$$

تعریف ۶: اقدام بد برای بخش نخست: زمانی‌که یک توصیهٔ جدید (عمدی یا غیرعمدی) با توصیه‌های قبلی در مورد همان خدمات تغییر فاحشی داشته‌باشد، یک اقدام مشکوک به اقدام بد محسوب می‌شود. چنین توصیه‌هایی باعث افزایش آنتروپی و به‌عنوان اقدام مخرب تلقی می‌شود:

$$\exists x, x' : X \bullet a_i \ Recommend \ Rec'_{a_i}(r_{i,j,l}, p_j, s_l)$$
$$\wedge \ H^{a_i}_{Rec}(x) \le H^{a_i}_{Rec}(x') \quad (۱۷)$$

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

تعریف ۷: اقدام غیرمهم برای بخش نخست: تغییر آنتروپی کم یا غیرمحسوس پس‌از رخداد، اقدامات کاملاً طبیعی است. بر اساس میزان انحراف آنتروپی و با درنظرگرفتن آستانه‌ای برای این انحرافات، سامانه اقداماتی با تأثیر کم بر سطوح آنتروپی را به‌عنوان غیرمهم/ خوش‌خیم درنظرمی‌گیرد:

$$\forall x, x' : X \bullet a_i \ Recommend \ Rec'_{a_i}(r_{i,j,l}, p_j, s_l) \Rightarrow H^{a_i}_{Rec}(x) \square H^{a_i}_{Rec}(x') \quad (۱۸)$$

۲-۴-۳- شناسایی اقدامات برای بخش دوم

برای بخش دوم، تابع انتقال حالت فقط از توصیه‌های عامل تشکیل شده‌است ($T(x_i) = x'_i$).

تعریف ۸: اقدام خوب برای بخش دوم: طبق رابطهٔ (۱۹)، زمانی‌که توصیه‌ها به‌نسبت یکسان هستند، آنتروپی توصیه‌ها کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، توافق بین عوامل در مورد کیفیت خدمات/ خدمات‌ها باعث کاهش آنتروپی می‌شود:

$$\forall x, x' : X \bullet a_i \ Recommend \ Rec'_{a_i}(r_{i,j,l}, p_j, s_l) \Rightarrow H_A(x') \le H_A(x) \quad (۱۹)$$

تعریف ۹: اقدام بد برای بخش دوم: طبق رابطهٔ (۲۰)، زمانی که تنوع توصیه‌های عامل‌ها مختلف در مورد یک خدمات زیاد باشد، اقدام بد تلقی می‌شود. به عبارت دیگر، اختلاف نظرهای چشم‌گیر در مورد کیفیت خدمات/ خدمات‌ها بین عامل‌ها، آنتروپی توصیه‌های عامل را افزایش می‌دهد:

$$\exists x, x' : X \bullet a_i \ Recommend \ Rec'_{a_i}(r_{i,j,l}, p_j, s_l) \wedge H_A(x) \le H_A(x') \quad (۲۰)$$

تعریف ۱۰: اقدام غیرمهم برای بخش دوم: رابطهٔ (۲۱) وضعیتی را نشان می‌دهد که تغییرات آنتروپی ناچیز است. در این حالت اقدام غیرمهم تلقی می‌شود:

$$\forall x, x' : X \bullet a_i \ Recommend \ Rec'_{a_i}(r_{i,j,l}, p_j, s_l) \Rightarrow H_A(x) \square H_A(x') \quad (۲۱)$$

۳-۴-۳- شناسایی اقدامات برای بخش سوم

در این بخش، تابع انتقال حالت می‌تواند درباره توصیه‌های عامل یا تجربیات کاربر باشد ($T(z_i) = z'_i$).

تعریف ۱۱: اقدام خوب برای بخش سوم: تشابه توصیه‌ها و تجربیات خود کاربر می‌تواند آنتروپی را در این بخش کاهش دهد. بنابراین، اقدام به‌عنوان خوب طبقه‌بندی می‌شود:

$$\forall z, z' : X \bullet \{a_i\}|_{i\in\square} \ Recommend \ Rec'_{a_i}(r_{i,j,l}, p_j, s_l) \wedge u \ Experience \ Sat'_u(c_{j,l}, p, s) \Rightarrow H_u(z') \le H_u(z) \quad (۲۲)$$

تعریف ۱۲: اقدام بد برای بخش سوم: تفاوت محسوس بین توصیه‌های عامل‌ها و تجربه خود کاربر نشان‌دهندهٔ افزایش آنتروپی است و اقدامات عامل‌ها را به‌عنوان بد/ مخرب طبقه‌بندی می‌کند:

$$\exists z, z' : X \bullet \{a_i\}|_{i\in\square} \ Recommend \ Rec'_{a_i}(r_{i,j,l}, p_j, s_l) \wedge u \ Experience \ Sat'_u(c_{j,l}, p, s) \wedge H_u(z) \le H_u(z') \quad (۲۳)$$

تعریف ۱۳: اقدام غیرمهم برای بخش سوم: اگر تفاوت بین توصیه‌های عامل‌ها و تجربهٔ کاربر ناچیز و غیرمحسوس باشد، عمل غیرمهم/ خوش‌خیم تلقی می‌شود:

$$\forall z, z' : X \bullet \{a_i\}|_{i\in\square} \ Recommend \ Rec'_{a_i}(r_{i,j,l}, p_j, s_l) \wedge u \ Experience \ Sat'_u(c_{j,l}, p, s) \Rightarrow H_u(z) \square H_u(z') \quad (۲۴)$$

۴-۴-۳- شناسایی اقدامات برای بخش چهارم

در بخش چهارم، تابع انتقال حالت، تابع تجربهٔ ($T(y_i) = y'_i$) و نشان‌دهندهٔ تغییرات تجربهٔ کاربر از یک خدمات ویژه در طول زمان است. بدیهی است که تجربه پس‌از استفاده از یک خدمات ایجاد می‌شود. بنابراین، تنها با محاسبات اعتماد آینده (در بخش‌های ۳ و ۴) مفهوم می‌یابد.

تعریف ۱۴: اقدام خوب برای بخش چهارم: شباهت بین کیفیت خدمات دریافتی و تجربه شخصی کاربر می‌تواند آنتروپی این بخش را کاهش دهد. به عبارت دیگر، اگر تجربهٔ کاربر از استفاده از خدمات قابل‌قبول یا مثبت باشد، انتخاب خدمات درست است و این انتخاب در زمرهٔ اقدام خوب طبقه‌بندی می‌شود:

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

$$\forall y, y' : X \bullet u\ Experience\ Sat'_u(c_{j,l}, p, s) \Rightarrow H_{Sat}(y') \le H_{Sat}(y) \quad (۲۵)$$

تعریف ۱۵: اقدام بد برای بخش چهارم: اگر تجربهٔ کاربر از استفاده خدمات غیرقابل قبول یا منفی باشد، انتخاب خدمات اشتباه است و به‌عنوان یک اقدام بد شناخته‌می‌شود، و داریم:

$$\exists y, y' : X \bullet u\ Experience\ Sat'_u(c_{j,l}, p, s) \wedge H_{Sat}(y) \le H_{Sat}(y') \quad (۲۶)$$

تعریف ۱۶: اقدام غیرمهم برای بخش چهارم: اگر تجربهٔ کاربر از استفاده خدمات به‌طور کامل مثبت یا منفی نباشد، انتخاب خدمات یک اقدام غیرمهم است و غیرمهم/ خوش‌خیم شناخته‌می‌شود:

$$\forall y, y' : X \bullet u\ Experience\ Sat'_u(c_{j,l}, p, s) \Rightarrow H_{Sat}(y) \square H_{Sat}(y') \quad (۲۷)$$

برای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب خدمات/ خدمات‌ها، توصیه‌های ارائه‌شده و اعتبار توصیه‌کنندگان نیز درنظرگرفته‌می‌شود. فیلترکردن اقدامات بد و دادن بازخورد منفی به توصیه‌کنندگان (عامل‌ها)، عملکرد سامانهٔ مدیریت اعتماد را بهبود می‌بخشد.

۵-۴-۳- بحث و خلاصه

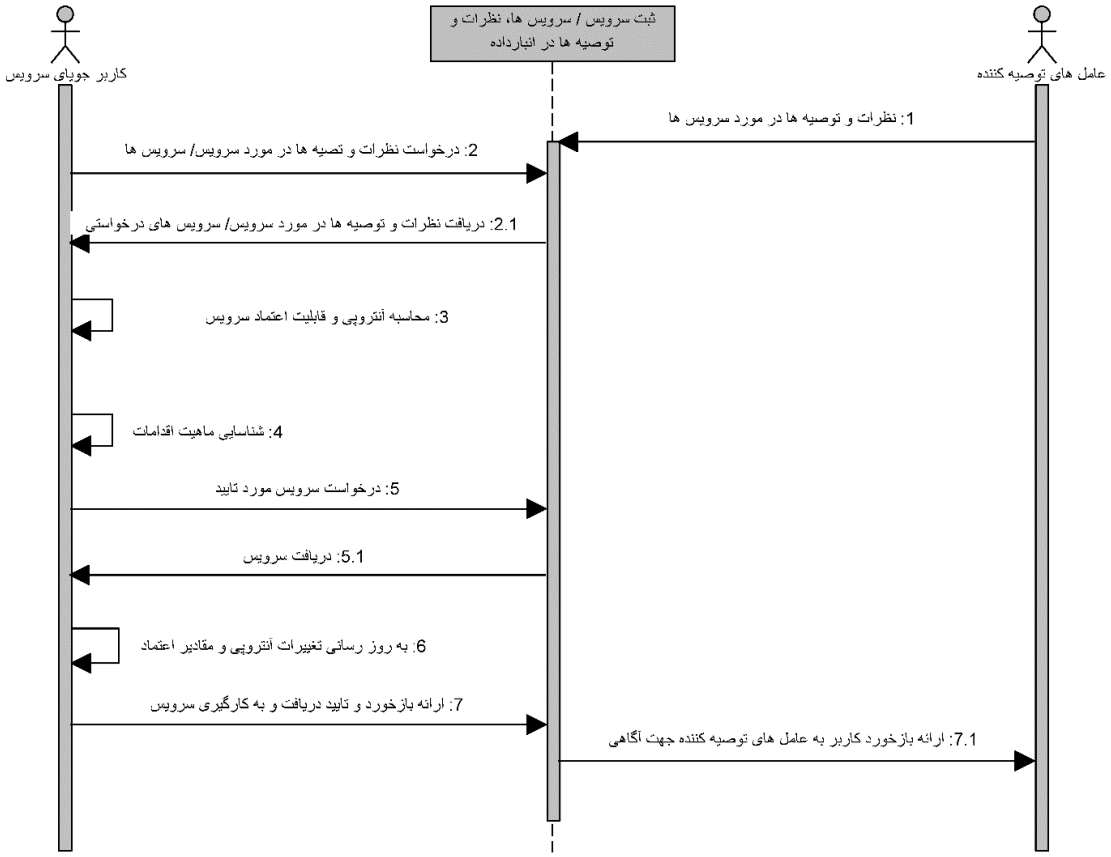
سامانهٔ مدیریت و ارزیابی اعتماد پیشنهادی در این مقاله ریشه در اندیشه‌هایی از نظریهٔ اخلاق اطلاعاتی دارد [۴۵]، [۴۶] که در آن اقدامات افزایش‌دهندهٔ افزایش آنتروپی در یک محیط اطلاعتی به‌عنوان اقدامات بد یا بدخواهانه تلقی می‌شوند. بنابراین، میزان آنتروپی ایجادشده به‌وسیلهٔ یک اقدام را می‌توان به‌عنوان معیاری برای غیراخلاقی‌بودن آن درنظرگرفت. رفتارهای فریبندهٔ عامل‌ها در یک محیط مبتنی‌بر سامانه به‌طور معمول مخرب درنظرگرفته‌می‌شوند و باید شناسایی و حذف شوند. این، انگیزه اصلی برای توسعهٔ یک سامانهٔ اعتماد مبتنی‌بر محاسبات آنتروپی است.

الگوی پیشنهادی تلاش می‌کند اقدامات مخرب عامل‌ها را از طریق الگوی تغییرات آنتروپی مرتبط با رفتار آنها شناسایی کند. به‌منظور افزایش دقت در محاسبات آنتروپی، الگوی تغییرات آنتروپی به چهار دستهٔ مجزا تقسیم و از محاسبات خاص برای هر دسته استفاده شد. پس‌از هر تصمیم انتخاب خدمات، کاربر قابلیت اعتماد سایر عامل‌ها را با الگوهای تولید آنتروپی قبلی تخمین می‌زند و این تخمین‌ها را در برآوردهای کیفیت خدمات/ خدمات‌ها درنظرمی‌گیرد. به‌طور ویژه، سامانهٔ مدیریت اعتماد پیشنهادی برای محاسبهٔ این تخمین‌ها و همچنین، حذف توصیه‌های ارائه‌شده توسط عامل‌های بدخواه استفاده می‌شود. پالایش توصیه‌ها با لحاظ‌کردن الگوی تغییرات آنتروپی قابل‌قبول و حدود آستانه‌ایِ در نظرگرفته‌شده انجام می‌پذیرد.

به‌عنوان بهبود دیگری برای محیط، کاربر به عامل‌های توصیه‌کننده اعلام می‌کند که آیا توصیهٔ خاصی از آن عامل را استفاده کرده است یا خیر. در نتیجه، عامل‌ها ممکن است در توصیه‌های غیرصادقانهٔ خود تجدیدنظر کنند. نمودار توالی[۲۴] در شکل (۴)، سیر طبیعی رویدادهای مرتبط با انتخاب خدمات در محیط مبتنی‌بر سامانه را نشان می‌دهد. باید در نظر داشت که در هر مقطع زمانی، هر عامل می‌تواند ارزیابی خود را از یک خدمات خاص در مخزن خدمات[۲۵] به‌عنوان یک توصیه ثبت کند (مرحلهٔ ۱). هر بار که کاربر می‌خواهد از یک خدمات استفاده کند، از مخزن برای توصیه‌های موجود برای آن خدمات پرس و جو می‌کند (مرحلهٔ ۲)، و در ادامه مجموعه نظرات راجع‌به آن خدمات را دریافت می‌کند (مراحل ۲.۱). سپس، کاربر سامانهٔ محاسبهٔ اعتماد را فراخوانی می‌کند تا کیفیت خدمات‌ها را بر اساس توصیه‌های دریافتی تخمین بزند (مرحلهٔ ۳). امکان تشخیص رفتار عامل‌ها بر اساس نظرات در این مرحله فراهم می‌شود و واحد تشخیص اقدامات بر اساس تغییرات آنتروپی این امکان را فراهم می‌کند (مرحلهٔ ۴). تخمین حاصل تعیین می‌کند آیا از این خدمات استفاده شود یا خیر. بنابراین، درخواست برای تحویل خدمات به انبار دادهٔ خدمات و سپس به فراهم‌کنندهٔ خدمات ارسال‌شده (مرحلهٔ ۵) و تحویل کاربر داده می‌شود (مرحله۵.۱). پس‌از استفاده از هر خدمات، کاربر یک بازخورد و تصدیق تجربه خود از خدمات را ثبت می‌کند. سپس، هر عاملی که در مورد خدمات استفاده‌شده توصیه‌ای داده‌است، اعلانی دریافت می‌کند که چگونه توصیه‌اش در تصمیم کاربر نقش داشته‌است.

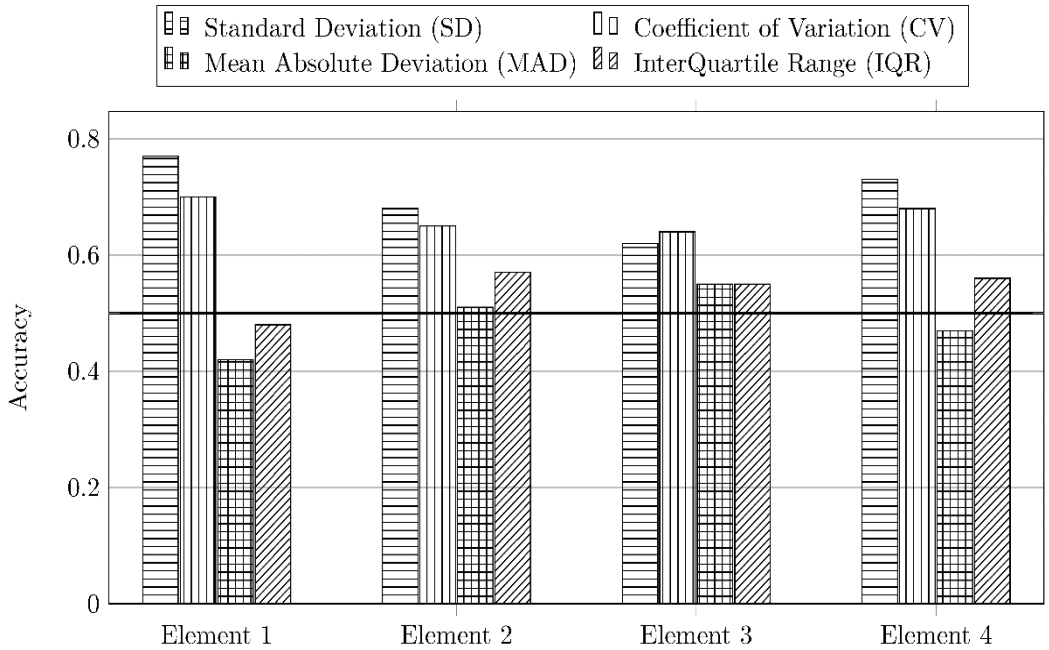
[24] Sequence Diagram
[25] Service Repository

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]



(شکل-۴). نمودار توالی برای ESTAR

(Figure-4).ESTAR sequence diagram



(شکل-۵). مقایسه میانگین دقت ESTAR بر اساس معیارهای پراکندگی مختلف

(Figure-5).Comparison of the average accuracy of ESTAR based on dispersion measures

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

ESTAR برای تعیین وضعیت اخلاقی اقدامات به حد آستانهٔ انحراف آنتروپی نیاز دارد. برای تعیین حد آستانه، چهار معیار پراکندگی را درنظرگرفته‌ایم: انحراف معیار[۲۶]، ضریب تغییرات[۲۷]، میانگین انحراف مطلق[۲۸] و محدودهٔ بین چارکی[۲۹]. با درنظرگرفتن مقادیر دقت متناظر برای اندازه‌های مختلف محیط، معیار انحراف استاندارد برای تعیین آستانهٔ انحراف آنتروپی انتخاب می‌شود. شکل (۵) میانگین دقت به دست آمده به‌وسیلهٔ هر اندازه‌گیری را برای چهار اندازهٔ مختلف محیط در ده تکرار مقایسه می‌کند.

۴- ارزیابی

به‌منظور ارزیابی عملکرد ESTAR، تعدادی آزمایش را در یک محیط مبتنی‌بر سامانه شبیه‌سازی‌شده انجام داده‌ایم. در این قسمت به توضیح دقیق این آزمایش‌ها می‌پردازیم.

۴-۱- تنظیمات شبیه‌سازی

محیط، متشکل از مجموعه‌ای از خدمات‌ها، فراهم‌کنندگان خدمات، عامل‌های توصیه‌کننده و یک کاربر جویای خدمات است. در شروع هر تکرار شبیه‌سازی، هر فراهم‌کنندهٔ خدمات تعدادی خدمات با انواع و کیفیت‌های مختلف تولید می‌کند و آنها را در مخزن داده خدمات‌ها و نظرات[۳۰] ثبت می‌کند. سپس، برخی از عامل‌های مصرف‌کنندهٔ خدمات‌ها، از جمله کاربر جویای خدمات، خدمات/خدمات‌ها را مصرف کرده و توصیه‌های خود را در مورد آنها در همان مخزن ثبت می‌کند. عامل‌ها با یک نسبت صداقت که رفتار توصیهٔ آنها را شکل می‌دهد، مقداردهی اولیه می‌شوند. انتظار می‌رود عامل‌ها با نسبت صداقت کمتر تمایل به انجام اقدامات فریبکارانه و بدخواهانهٔ بیشتری داشته‌باشند، یا به عبارت دیگر، آنتروپی بیشتری ایجاد کنند.

کاربر جویای خدمات به یک واحد پردازش‌گر اعتماد[۳۱] مجهز شده‌است که محاسبات آنتروپی ESTAR را اجرا می‌کند. هر بار که کاربر نیاز به کشف و به‌کارگیری یک خدمات دارد، پردازش‌گر اعتماد مخزن را برای تمام داده‌های موردنیاز برای محاسبات آنتروپی در سامانه جستجو می‌کند که مجموعه‌ای از همه توصیه‌های بیان‌شده به‌وسیلهٔ سایر عامل‌ها در مورد آن خدمات ویژه است. سپس، آنتروپی را در محیط مرتبط با خدمات مشخص‌شده محاسبه می‌کند و از نتایج این محاسبات برای تصمیم‌گیری در مورد مصرف خدمات استفاده می‌کند. کاربر با حذف تأثیر توصیه‌های ارائه‌شده در مورد کیفیت خدمات‌ها توسط عامل‌های غیرمنصف یا بدخواه، دقت انتخاب و برآورد خود را بهبود می‌بخشد.

آزمایش‌های شبیه‌سازی بر روی سخت‌افزاری با ۱۲ گیگابایت حافظه و پردازندهٔ دوهسته‌ای Intel i7-2640M که با فرکانس ۲.۸۰ گیگاهرتز تحت سیستم عامل ویندوز ۱۰ اجرا می‌شود، انجام شد. عوامل و معیارهای هر آزمایش با مجموعهٔ ویژه‌ای از عوامل و معیارهای محیطی، مانند تعداد خدمات‌ها، فراهم‌کنندگان خدمات و عامل‌های توصیه‌کننده، و همچنین، مقدار متوسط صداقت عامل‌ها بین ۰ و ۱ تعریف می‌شود. مقدار صداقت ۰ به این معنی است که عامل همیشه یک توصیهٔ بدخواهانه ارائه می‌دهد و مقدار ۱ بر عکس آن دلالت دارد. مقادیر صداقت به‌طور یک‌نواخت بین عامل‌ها توزیع می‌شود.

۴-۲- معیارهای عملکرد

چهار معیار اصلی برای نشان‌دادن عملکرد سامانه استفاده می‌شود:

I. دقت[۳۲] توصیهٔ خدمات، که نسبت تعداد خدمات توصیه‌شده به همه پیشنهادهاست.
II. مقابله با تغییرات محیطی و انحرافات رفتاری، یعنی زمانی که تعداد عامل‌ها یا فراهم‌کنندگان خدمات در طول زمان تغییر می‌کند یا یک عامل غیرمنصف رفتار بدخواهانهٔ خود را در میان توصیه‌های صادقانه تصادفی پنهان می‌کند.
III. سرعت الگو در تشخیص اقدامات، که تعداد تکرارهایی است که در آن خطای تشخیص الگو کمتر از یک حد آستانهٔ ویژه قرار می‌گیرد که در این مقاله آن را روی ۰.۳ قرار داده‌ایم.

هر قطعه در نمودارها نشان‌دهندهٔ مقدار متوسط شناسایی‌شده از ده اجرای شبیه‌سازی مجزا برای تنظیمات مشخص‌شده است. هر اجرای شبیه‌سازی با مرحله‌ای از توصیه‌های خدمات به‌وسیلهٔ عامل‌های توصیه‌گر آغاز می‌شود که شامل صد بار تکرار مصرف خدمات توسط کاربر و ارائه توصیه به‌وسیلهٔ عامل‌های توصیه‌کننده است. خلاصه‌ای از آزمایش‌های انجام‌شده در تعدادی نمودار نشان داده شده‌است. به‌عنوان پایهٔ مقایسه، ما از دو الگوی محبوب استفاده می‌کنیم:

[26] Standard Deviation
[27] Coefficient of Variation
[28] Mean Absolute Deviation
[29] Interquartile Range
[30] Service and Recommendation Repository
[31] Trust Processor Module
[32] Accuracy

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

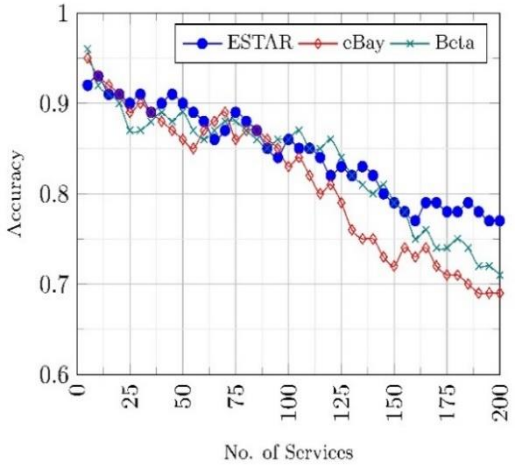
سامانهٔ مدیریت اعتماد eBay[33]: eBay یک پایگاه خرید و فروش برخط است که بیشتر به‌خاطر حراج‌ها و خرید و فروش مصرف‌کننده به مصرف‌کننده شناخته‌شده است. همچنین، برای بازرگانان برخط استفاده از آن به‌عنوان کانال فروش بسیار محبوب است. سامانهٔ مدیریت اعتماد eBay در بسیاری از پژوهش‌های موردمطالعه قرارگرفته‌است [۱۴]-[۱۷]، [۴۷]. سامانهٔ مدیریت اعتماد eBay امتیازات اعتماد را بر اساس نرخ بازخورد کاربر محاسبه می‌کند. در واقع پس‌از یک تعامل، خریدار (مشتری) امتیاز مثبت، منفی یا صفر را برای فروشنده (ارائه‌دهندهٔ خدمات) اعمال می‌کند. نرخی که در سامانهٔ مدیریت اعتماد eBay ذخیره می‌شود، برای محاسبهٔ امتیازات اعتماد آیندهٔ فراهم‌کنندگان خدمات از طریق مجموع همهٔ نرخ‌های اختصاص‌داده‌شده به آن استفاده می‌شود. در سامانهٔ مدیریت اعتماد eBay، نرخ‌های اختصاص‌داده‌شده $Q=\{-1,0,1\}$ است.

سامانهٔ مدیریت اعتماد بتا[34]: الگوی بتا یکی دیگر از سامانه‌های مدیریت اعتماد معروف است که موضوع بسیاری از مطالعات [۱۴]، [۱۸]، [۱۹] بوده‌است. برای تخمین امتیازهای اعتماد، این الگو از تابع چگالی احتمال بتا و نرخ‌های پیشتر اختصاص‌داده‌شده استفاده می‌کند. تابع چگالی بتا توزیع احتمال رویدادهای دودویی را پیش‌بینی می‌کند. در واقع، در سامانهٔ مدیریت اعتماد بتا، اگر r و s به‌ترتیب تعداد تعاملات رضایت‌بخش و نامطلوب انجام‌شده به‌وسیلهٔ یک عامل باشد، امتیاز اعتماد به‌صورت $(r+1)/(s+r+2)$ محاسبه می‌شود. علاوه‌بر این رابطه، الگوی بتا از یک عامل فراموشی λ برای به کمینه رساندن تأثیر بازخوردهای قدیمی به دلیل ناهنجاری راه‌اندازی استفاده می‌کند.

۳-۴- نتایج

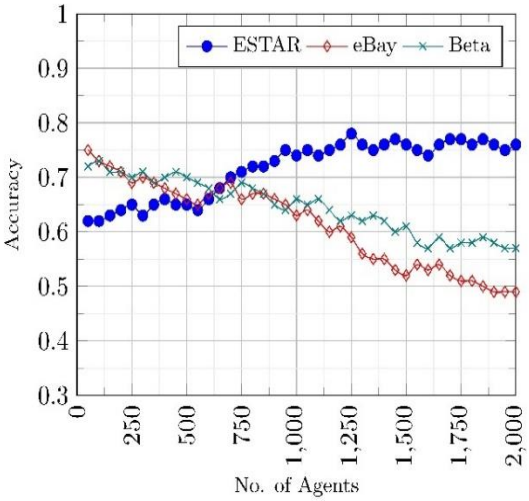
دقت، بصری‌ترین معیار عملکرد است و به‌طور صرف نسبتی از مشاهدات پیش‌بینی‌شدهٔ درست به کل مشاهدات است. عملکرد ESTAR برای تغییرات در اندازه محیط و تغییرات در میانگین صداقت عامل‌ها محاسبه می‌شود. در ارزیابی عملکرد الگو برای اندازهٔ محیط، متوجه شدیم که تغییرات نسبی رفتار سامانه برای تعداد عامل‌ها با تعداد خدمات متفاوت است؛ زیرا عامل‌های بیشتر، توصیه‌های بیشتری را در مورد خدمات‌ها ایجاد می‌کنند که اطلاعات بیشتری را برای سامانهٔ اعتماد جهت درنظرگرفتن محاسبات آنتروپی می‌دهد، درحالی‌که تعداد خدمات‌های بیشتر مستلزم توصیه‌های کمتر در هر خدمات و در نتیجه، اطلاعات کمتری برای تخمین مقادیر آنتروپی است. بااین‌حال، آزمایش‌های اندازهٔ محیط را به‌صورت ادغام‌شده برای تعدادی عامل و خدمات انجام می‌دهیم.

نمودار شکل (۶)، مقایسه‌ای از دقت ESTAR با دقت eBay و Beta برای تعداد خدمات‌ها مختلف را نشان می‌دهد. همان‌طورکه در نمودار مشاهده می‌شود، میزان کاهش دقت ESTAR کمی بهتر از دو روش دیگر است و در نهایت سریع‌تر همگرا می‌شود.



(شکل-۶). نمودار تغییرات دقت باتوجه‌به تغییرات تعداد خدمات‌ها

(Figure-6). The diagram of changes in accuracy according to changes in the number of services

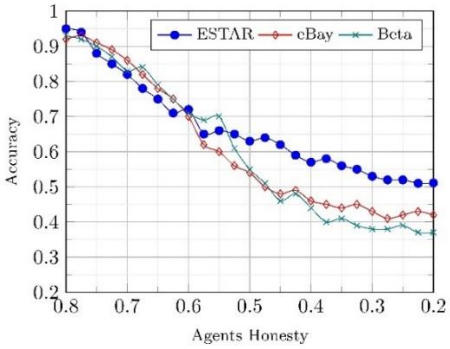


(شکل-۷). نمودار تغییرات دقت باتوجه‌به تغییرات تعداد عامل‌ها

(Figure-7). The diagram of changes in accuracy according to changes in the number of agents

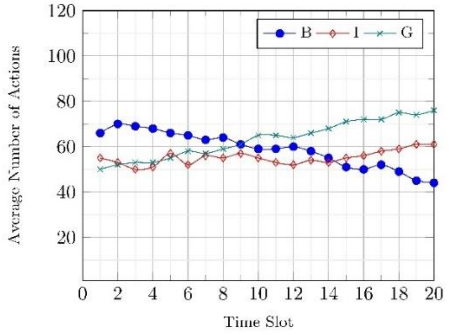
[33] eBay TMS
[34] Beta TMS

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]



(شکل-۸) .نمودار تغییرات دقت باتوجه‌به تغییر میزان صداقت عامل‌ها

(Figure-8). The diagram of changes in accuracy, according to changes in the agents honesty



(شکل-۹). روند تغییرات در تعداد متوسط اعمال بد (B)، ناچیز (I) و خوب (G) برای اولین عنصر آنتروپی

(Figure-9). Trend of changes in the average number of bad (B), insignificant (I) and good (G) actions for the first entropy element

نمودار شکل (۷)، دقت ESTAR را برای تعداد عامل‌های مختلف با eBay و Beta مقایسه می‌کند. همان‌طورکه در شکل نشان داده شده‌است، دقت الگو حدود ده درصد بهبود می‌یابد درحالی‌که دقت دو الگوی دیگر برای عامل‌های بیشتر در محیط کاهش می‌یابد.

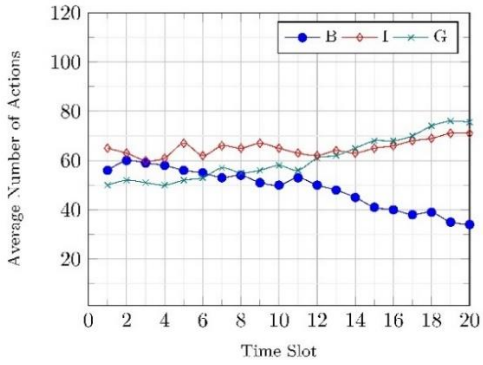
شکل (۸)، دقت سه سامانهٔ مدیریت اعتماد را برای مقادیر مختلف صداقت عامل‌ها بین ۰.۲ و ۰.۸ مقایسه می‌کند. همان‌طورکه در شکل نشان داده شده‌است، دقت هر سه سامانه برای مقادیر صادق کمتر بدتر می‌شود، با این حال، دقت ESTAR با شیب معقول‌تر کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، سازگاری ESTAR بیشتر از دو سامانهٔ دیگر است.

ما همچنین، میانگین تعداد اقدامات خوب، بد و غیرمهم عامل‌ها را در طول زمان شبیه‌سازی اندازه‌گیری کرده‌ایم. همان‌طورکه در بخش ۵-۴-۳ فرض شده‌است، انتخاب خدمات/ خدمات‌ها و ایجاد تأیید توسط کاربر انجام می‌شود، عامل‌ها باید رفتار خود را اصلاح کنند و توصیه-های صادقانه‌تری ارائه کنند. این آزمایش‌ها بیش از بیست تکرار برای محیطی از دویست خدمات و دوهزار عامل انجام شده‌است.

نمودار شکل (۹)، اثر نخستین عنصر آنتروپی را بر میانگین تعداد اقدامات خوب، بد و غیرمهم در طول زمان نشان می‌دهد. برای تولید مقادیر در این نمودار، وزن سه عنصر دیگر را در مقدار کل آنتروپی صفر قرار داده‌ایم. همان‌طورکه در نمودار نشان داده شده‌است، این عنصر آنتروپی می‌تواند رفتار کلی عامل‌ها را در طول زمان کمی بهبود بخشد.

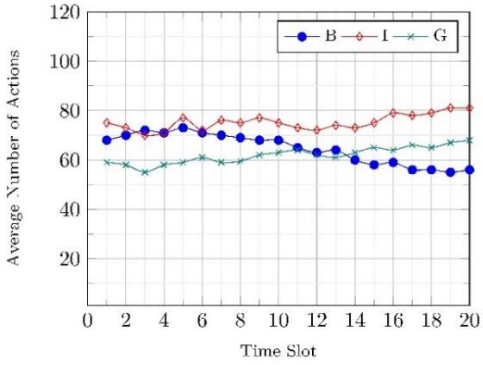
همان‌طورکه در شکل (۱۰) نشان داده شده‌است، عنصر دوم آنتروپی تعداد یکسانی از اقدامات را برای هر دسته در تکرارهای اولیه تشخیص می‌دهد و توصیه‌های بد را بسیار شبیه عنصر اول کاهش می‌دهد و اقدامات خوب و غیرمهم را با شیب جزئی بهبود می‌بخشد.

شکل (۱۱) تعداد یکسانی از اقدامات را برای هر دسته شناسایی می‌کند و در طول زمان کمی آنها را بهبود می‌بخشد. به همین ترتیب، شکل (۱۲) نشان می‌دهد که عنصر آنتروپی چهارم به‌طور کلی اقدامات بی اهمیت‌تر را تشخیص می‌دهد و هر سه دسته از اقدامات را در طول زمان بهبود می‌بخشد.



(شکل-۱۰). روند تغییرات در تعداد متوسط اعمال بد (B)، ناچیز (I) و خوب (G) برای دومین عنصر آنتروپی

(Figure-10). Trend of changes in the average number of bad (B), insignificant (I) and good (G) actions for the second entropy element

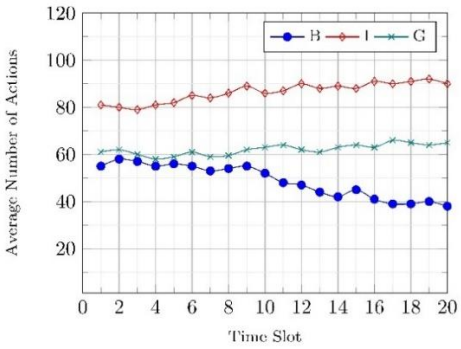


(شکل-۲۱). روند تغییرات در تعداد متوسط اعمال بد (B)، ناچیز (I) و خوب (G) برای سومین عنصر آنتروپی

(Figure-11). Trend of changes in the average number of bad (B), insignificant (I) and good (G) actions for the third entropy element

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]



(شکل-۱۲). روند تغییرات در تعداد متوسط اعمال بد (B)، ناچیز (I) و خوب (G) برای چهارمین عنصر آنتروپی

(Figure-12). Trend of changes in the average number of bad (B), insignificant (I) and good (G) actions for the fourth entropy element

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله، سامانهٔ مدیریت اعتمادی به نام ESTAR را برای تشخیص رفتارهای مخرب در محیط‌های مبتنی‌بر سامانه بر اساس مفهوم تغییرات آنتروپی از نظریهٔ اخلاق اطلاعاتی پیشنهاد کردیم. سامانهٔ پیشنهادی ترکیبی از چهار عنصر آنتروپی متمایز در یک محیط، مبتنی‌بر سامانه قابل تعریف است. سپس، بر اساس الگوی تغییرات آنتروپی تعریف‌شده برای هر بخش، اقدامات انجام‌شده توسط عامل‌ها را از نظر اخلاقی به سه دستهٔ خوب، بد و غیرمهم تقسیم کردیم.

شبیه‌سازی‌های تجربی برای محیط‌های مبتنی‌بر سامانه با اندازه‌ها و ویژگی‌های مختلف نشان می‌دهد که ESTAR از نظر تخمین قابل‌اعتمادبودن عامل‌ها و توصیه‌ها در محیط و همچنین، برآورد کیفیت خدمات/ خدمات‌های ناشناخته بر اساس توصیه‌های عامل‌ها، کارآمد است. علاوه‌بر این، ESTAR بسیار منعطف بوده و می‌تواند به سرعت با تغییرات محیطی سازگار شود.

استفادهٔ طولانی‌مدت از سامانهٔ مدیریت اعتماد در یک محیط مبتنی‌بر سامانه به‌تدریج رفتار اخلاقی عامل‌های هوشمند را در محیط بهبود می‌بخشد. این امر در اساس، با بیشتر سامانه‌های رایجی که تمایل به حذف عامل‌های تخریب‌کننده از محیط دارند، متفاوت است.

امکان تعریف بخش‌ها و عناصر دیگری از آنتروپی در محیط و روش‌های متفاوتی برای ترکیب مقادیر آنتروپی‌ها ممکن است منجر به محاسبات اعتماد به‌نسبت متفاوتی شود. آزمایش چنین جزئیات مختلف گامی در آینده جهت توسعه سامانهٔ مدیریت اعتماد پیشنهادی است.

۶- مراجع 6-Refrence

[1] Z. Su *et al.*, "Reliable and resilient trust management in distributed service provision networks," *dl.acm.org*, vol. 9, no. 3, Jun. 2015, doi: 10.1145/2754934.

[2] D. Chen, F. Lai, and Z. Lin, "A trust model for online peer-to-peer lending: a lender's perspective," *Information Technology and Management*, vol. 15, no. 4, pp. 239–254, Dec. 2014, doi: 10.1007/S10799-014-0187-Z.

[3] M. Tang, X. Dai, J. Liu, and J. Chen, "Towards a trust evaluation middleware for cloud service selection," *Future Generation Computer Systems*, vol. 74, pp. 302–312, Sep. 2017, doi: 10.1016/J.FUTURE.2016.01.009.

[4] B. Lahno, "Trust. The Tacit Demand," *Ethical Theory and Moral Practice*, vol. 2, no. 4. Springer, pp. 433–435, 1999.

[5] M. Ryan, "In AI We Trust: Ethics, Artificial Intelligence, and Reliability," *Sci Eng Ethics*, vol. 26, no. 5, pp. 2749–2767, Oct. 2020, doi: 10.1007/S11948-020-00228-Y/TABLES/1.

[6] J.-H. Cho, K. Chan, and S. Adali, "A survey on trust modeling," *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 48, 2015.

[7] D. M. Messick and R. M. Kramer, "Trust as a form of shallow morality.," 2001.

[8] Y. Yamamoto, "A morality based on trust: Some reflections on Japanese morality," *Philos East West*, vol. 40, no. 4, pp. 451–469, 1990.

[9] L. Floridi, "Information ethics, its nature and scope," *ACM SIGCAS Computers and Society*, vol. 36, no. 3, 2006.

[10] L. Floridi, *The ethics of information*. 2013. Accessed: Jun. 21, 2022. [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=_XHcAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+ethics+of+information&ots=fZkH8VOxSZ&sig=QhCILoi1OTYVGbnRvifDNM5lwHY

[11] L. Floridi and J. W. Sanders, "Entropy as evil in information ethics," *Etica & Politica, Special Issue on Computer Ethics*, vol. 1, no. 2, 1999.

[12] D. De Siqueira Braga, M. Niemann, B. Hellingrath, and F. B. De Lima Neto, "Survey on computational trust and reputation models," *ACM Comput Surv*, vol. 51, no. 5, Aug. 2018, doi: 10.1145/3236008.

[13] J. Wang *et al.*, "A survey on trust evaluation based on machine learning," *dl.acm.org*, vol. 53, no. 5, Sep. 2020, doi: 10.1145/3408292.

[14] A. J. Bidgoly and B. T. Ladani, "Modeling and quantitative verification of trust systems against malicious attackers," *Comput J*, vol. 59, no. 7, pp. 1005–1027, 2016.

[15] F. Dini and G. Spagnolo, "Buying reputation on eBay: Do recent changes help?," *International Journal of Electronic Business*, vol. 7, no. 6, pp. 581–598, 2009.

[16] A. Jøsang and J. Golbeck, "Challenges for robust trust and reputation systems," in *Proceedings of the 5th International Workshop on Security and Trust Management (SMT 2009), Saint Malo, France*, 2009, vol. 5, no. 9.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

WSNs," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 4725–4741, 2017.
[31] K. Hoffman, D. Zage, and C. Nita-Rotaru, "A survey of attack and defense techniques for reputation systems," *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 42, no. 1, pp. 1–31, 2009.
[32] S. Vavilis, M. Petković, and N. Zannone, "A reference model for reputation systems," *Decis Support Syst*, vol. 61, pp. 147–154, 2014.
[33] F. G. Mármol and G. M. Pérez, "Towards pre-standardization of trust and reputation models for distributed and heterogeneous systems," *Comput Stand Interfaces*, vol. 32, no. 4, pp. 185–196, 2010.
[34] Z. Noorian and M. Ulieru, "The state of the art in trust and reputation systems: a framework for comparison," *Journal of theoretical and applied electronic commerce research*, vol. 5, no. 2, pp. 97–117, 2010.
[35] D. D. S. Braga, M. Niemann, B. Hellingrath, and F. B. D. L. Neto, "Survey on computational trust and reputation models," *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 51, no. 2018.
[36] S. Chen, Y. Zhang, P. Liu, and J. Feng, "Coping with traitor attacks in reputation models for wireless sensor networks," in *2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM 2010*, 2010, pp. 1–6.
[37] L. F. Perrone and S. C. Nelson, "A study of on-off attack models for wireless ad hoc networks," in *2006 1st Workshop on Operator-Assisted (Wireless Mesh) Community Networks*, 2006, pp. 1–10.
[38] D. Wang, T. Muller, J. Zhang, and Y. Liu, "Quantifying robustness of trust systems against collusive unfair rating attacks using information theory," in *24th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 2015.
[39] D. Wang, T. Muller, A. A. Irissappane, J. Zhang, and Y. Liu, "Using Information Theory to Improve the Robustness of Trust Systems.," in *AAMAS*, 2015, pp. 791–799.
[40] J.-H. Cho, A. Swami, and R. Chen, "Modeling and analysis of trust management with trust chain optimization in mobile ad hoc networks," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 35, no. 3, pp. 1001–1012, 2012.
[41] A. Aldini, "Formal approach to design and automatic verification of cooperation-based networks," *IARIA Int J Adv Internet Technol*, vol. 6, no. 1, p. 2, 2013.
[42] T. Muller, "Semantics of trust," in *International Workshop on Formal Aspects in Security and Trust*, 2010.
[43] A. Herbon, and D. Tsadikovich. "An efficient entropy-based stopping rule for mitigating risk factors in supply nets." International Journal of Production Economics ,2023.
[44] A. Khoshkbarchi and H. R. Shahriari, "Improving Agents Trust in Service-Oriented Environment Based on Entropy Structure and Information Ethics Principles," *Int J Hum Comput Interact*, 2022.
[17] R. Kerr and R. Cohen, "Smart cheaters do prosper: defeating trust and reputation systems," in *Proceedings of the 8th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems-Volume 2*, 2009, pp. 993–1000.
[18] K. Arshad and K. Moessner, "Robust collaborative spectrum sensing based on beta reputation system," in *2011 Future Network & Mobile Summit*, 2011, pp. 1–8.
[19] M. Momani, K. Aboura, and S. Challa, "RBATMWSN: recursive Bayesian approach to trust management in wireless sensor networks," in *2007 3rd International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information*, 2007, pp. 347–352.
[20] P. Shi and H. Chen, "RASN: Resist on-off attack for wireless sensor networks," in *Proceedings of the 2012 international conference on computer application and system modeling*, 2012, pp. 690–693.
[21] D. Wang, T. Muller, Y. Liu, and J. Zhang, "Towards robust and effective trust management for security: A survey," in *2014 IEEE 13th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications*, 2014.
[22] O. A. Wahab, J. Bentahar, H. Otrok, and A. Mourad, "A survey on trust and reputation models for Web services: Single, composite, and communities," *Decis Support Syst*, vol. 74, pp. 121–134, 2015.
[23] N. Kandhoul, S. K. Dhurandher, and I. Woungang, "T_CAFE: a trust based security approach for opportunistic IoT," *IET Communications*, vol. 13, no. 20, 2019.
[24] S. Sicari, A. Rizzardi, L. A. Grieco, and A. Coen-Porisini, "Security, privacy and trust in Internet of Things: The road ahead," *Computer networks*, vol. 76, pp. 146–164, 2015.
[25] X. Wang, L. Liu, and J. Su, "RLM: A general model for trust representation and aggregation," *IEEE Trans Serv Comput*, vol. 5, no. 1, pp. 131–143, 2010.
[26] F. Ahmad, F. Kurugollu, A. Adnane, R. Hussain, and F. Hussain, "MARINE: Man-in-the-middle attack resistant trust model in connected vehicles," *IEEE Internet Things J*, vol. 7, no. 4, pp. 3310–3322, 2020.
[27] A. Vasudeva and M. Sood, "Survey on sybil attack defense mechanisms in wireless ad hoc networks," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 120, pp. 78–118, 2018.
[28] Y. Ruan and A. Durresi, "A survey of trust management systems for online social communities–trust modeling, trust inference and attacks," *Knowl Based Syst*, vol. 106, 2016.
[29] B. Khosravifar, J. Bentahar, M. Gomrokchi, and R. Alam, "CRM: An efficient trust and reputation model for agent computing," *Knowl Based Syst*, vol. 30, pp. 1–16, 2012.
[30] B. Sun and D. Li, "A comprehensive trust-aware routing protocol with multi-attributes for

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

[45] L. Floridi, *The ethics of information*. 2013. Accessed: Jun. 15, 2022.
[46] Floridi, L., & Sanders, J. W. (1999). “Entropy as evil” - Google Scholar.
https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Floridi%2C+L.%2C+%26+Sanders%2C+J.+W.+%281999%29.+Entropy+as+evil+in+information+ethics.+Etica+%26+Politica%2C+Special+Issue+on+Computer+Ethics%2C+1%282%29.&btnG= (accessed Jun. 15, 2022).
[47] P. Resnick and R. Zeckhauser, “Trust among strangers in Internet transactions: Empirical analysis of eBay’s reputation system,” in *The Economics of the Internet and E-commerce*, Emerald Group Publishing Limited, 2002.
[48] K. RahimiZadeh, and P. Kabiri. "Trust-based routing method using a mobility-based clustering approach in mobile ad hoc networks." Security and Communication Networks 7, no. 11, 2014.

[49] A. Khoshkbarchi, and H.R. Shahriari. "Coping with unfair ratings in reputation systems based on learning approach." Enterprise Information Systems 11, no. 10 (2017): 1481-1499.



امیر خشکبارچی درحال‌حاضر دانشجوی دکترای مهندسی فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر است. علایق پژوهشی ایشان شامل سامانه‌های مدیریت اعتماد، امنیت و هوش مصنوعی است.
نشانی رایانامۀ ایشان عبارت است از:
a.khoshkbarchi@aut.ac.ir



حمیدرضا شهریاری استادیار دانشکدۀ مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی امیرکبیر است. وی دانش‌آموختۀ مقطع دکترای مهندسی کامپیوتر از دانشگاه صنعتی شریف است. زمینه‌های پژوهشی موردعلاقۀ ایشان شامل امنیت اطلاعات و شبکه، سامانه‌های مدیریت اعتماد و امنیت تجارت الکترونیک است.
نشانی رایانامۀ ایشان عبارت است از:
shahriari@aut.ac.ir

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.3] [Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-08]