



The Importance of Using Blockchain Technology for the Development of Agricultural Product Insurance

Nematollah Nemati¹ , Foad Eshghi² , Seyed Mojtaba Mojaverian³ , Tahereh Ranjbar Malekshah⁴ 

¹ PhD student in Agricultural Economics, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Sari, Iran.

^{2,3} Respectively Assistant Professor & Professor of Department of Agricultural Economic, University of Agricultural Science and Natural Resources, Sari, Sari, Iran.

⁴ PhD in Agricultural Economics, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Sari, Iran.

Article Info

ABSTRACT

Article Type:

Research article

Article History:

Received: 16 Oct. 2024

Revised: 14 Nov. 2024

Accepted: 19 Nov. 2024

Keywords:

Agriculture

Decentralized Storage

Insurance.

This study explores the integration of blockchain technology into agricultural insurance, aiming to address several challenges within the industry, including low farmer knowledge, high administrative costs, and a lack of trust among farmers in insurance institutions. Blockchain technology is positioned as a means to enhance transparency, efficiency, and trustworthiness, offering a decentralized solution that records transactions in an immutable manner, thereby redesigning insurance products to better meet farmer needs. The methodology of the study involved consulting 15 experts to assess potential indicators of blockchain's role in agricultural insurance during the year 2024. Using an Artificial Neural Network (ANN), the synaptic weight of various blockchain features was calculated, highlighting their significance. The findings revealed that the most critical features included "Reducing Ethical Risks," "Accelerating Damage Claims," and "Transaction Transparency," with corresponding synaptic weights underscoring their importance in the development of agricultural insurance. Despite the promising potential of blockchain to revolutionize agricultural insurance processes, several challenges remain, such as scalability, energy use optimization, and regulatory concerns. The research emphasizes the importance of understanding how blockchain can create a safe, transparent, and efficient platform for processing agricultural insurance claims and suggests that smart contracts could facilitate immediate compensation for farmers' losses. To fully realize the benefits of blockchain in agricultural insurance, ongoing research and development are necessary, particularly in enhancing interoperability and educating stakeholders about the technology's advantages. Overall, this research demonstrates blockchain's significant potential in addressing agricultural insurance challenges while also calling for strategic actions to overcome existing barriers.

Cite this article: Nemati, N., Eshghi, F., Mojaverian, S.M., & Ranjbar Malekshah, T. (2024). The importance of using blockchain technology for the development of agricultural product insurance. *The Quarterly Journal of Insurance & Agriculture*, 13(3), 33-48. <https://doi.org/10.22034/13.3.33>.



بررسی اهمیت ویژگی‌های بلاکچین برای توسعه بیمه محصولات کشاورزی

نعمت‌الله نعمتی^۱ ID، فواد عشقی^{۲*} ID، سید مجتبی مجاوریان^۳ ID، طاهره رنجبر ملکشاه^۴ ID

^۱ دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

^۲ به‌ترتیب استادیار و استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

^۴ دانش‌آموخته دکتری در رشته اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: پژوهشی</p> <p>تاریخچه مقاله: تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۹</p> <p>کلمات کلیدی: بیمه ذخیره‌سازی غیرمتمرکز کشاورزی</p>	<p>برخی از چالش‌های موجود در صنعت بیمه کشاورزی شامل آگاهی کم کشاورزان، هزینه‌های بالای اداری و عدم اعتماد کشاورزان به مؤسسات بیمه سبب شکل‌گیری مطالعه حاضر با هدف بررسی اهمیت فناوری بلاکچین در بیمه کشاورزی شد. فناوری بلاکچین به‌عنوان ابزاری برای افزایش شفافیت، کارایی و اعتماد در نظر گرفته می‌شود که راه‌حلی غیرمتمرکز برای مدیریت داده‌ها ارائه می‌دهد و با ثبت معاملات به‌صورت تغییرناپذیر، انواع محصولات بیمه‌ای را برای برآورده کردن نیازهای کشاورزان بازطراحی می‌کند. به‌منظور ارزیابی شاخص‌های بالقوه نقش بلاکچین در بیمه کشاورزی، نظرات ۱۵ متخصص در سال ۱۴۰۳ مورد بررسی قرار گرفت. وزن‌های سیناپسی ویژگی‌های مختلف بلاکچین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، محاسبه و اهمیت آن‌ها تعیین شد. نتایج نشان داد که مهم‌ترین ویژگی‌ها شامل «کاهش ریسک‌های اخلاقی»، «تسریع در پرداخت خسارات» و «شفافیت در معاملات» بودند که وزن‌های سیناپسی مربوط، اهمیت آن‌ها را در توسعه بیمه کشاورزی تأیید می‌کند. علی‌رغم پتانسیل امیدبخش بلاکچین برای ایجاد تغییرات اساسی در فرایندهای بیمه کشاورزی، چندین چالش مانند مقیاس‌پذیری، بهینه‌سازی مصرف انرژی و نگرانی‌های قانونی هنوز وجود دارد. این تحقیق اهمیت درک چگونگی ایجاد یک بستر امن، شفاف و کارآمد برای پردازش ادعاهای بیمه کشاورزی را نشان می‌دهد و پیشنهاد می‌کند که قراردادهای هوشمند می‌توانند به سرعت ضررهای کشاورزان را جبران کنند. برای تحقق کامل مزایای بلاکچین در بیمه کشاورزی، تحقیقات و توسعه مستمر به‌ویژه در زمینه تقویت همکاری و آموزش ذی‌نفعان درباره مزایای این فناوری لازم است. به‌طور کلی، تحقیق حاضر پتانسیل قابل توجه بلاکچین در پاسخگویی به چالش‌های بیمه کشاورزی را نشان می‌دهد و درعین حال خواستار اقدام‌های راهبردی برای غلبه بر موانع موجود است.</p>

استناد: نعمتی، ن، و عشقی، ف، و مجاوریان، م، رنجبر ملکشاه، ط. (۱۴۰۳). بررسی اهمیت ویژگی‌های بلاکچین برای توسعه بیمه محصولات کشاورزی. فصلنامه بیمه و

کشاورزی، ۱۳(۳)، ۴۸-۳۳. <https://doi.org/10.22034/13.3.33>

* رایانامه نویسنده مسئول (فواد عشقی): Fesh.foad@gmail.com

مقدمه

امروزه استفاده از اطلاعات و داده‌ها برای افزایش پایداری و کارایی در کشاورزی، اهمیت بیشتری پیدا کرده است. به این منظور به‌کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات به‌طور قابل توجهی گسترش یافته که این امر بهبود کارایی و قابلیت اطمینان جمع‌آوری، ذخیره، تجزیه و تحلیل و استفاده از اطلاعات در کشاورزی را در پی داشته است (Walter et al., 2017).

بیمه کشاورزی را می‌توان با به‌کارگیری بلاکچین-یکی از فناوری‌های دیجیتال نوظهور- متحول ساخت و روند انجام کارها را بهبود بخشید (Salmon & Myers, 2019). بیمه کشاورزی با چالش‌های زیادی مانند عدم اعتماد کشاورزان به شرکت‌های بیمه در ارتباط با پرداخت مطالبات، توزیع نابرابر اطلاعات بین کشاورزان و بیمه‌گران، هزینه‌های معاملاتی و اداری زیاد، وجود تأمین‌کنندگان نامعتبر و کشاورزان با دانش کم در ارتباط با نوع بیمه و کارکرد هر کدام و غیره، مواجه است. بنابراین، نیاز اساسی برای طراحی مجدد محصولات بیمه‌ای وجود دارد. این مشکل را می‌توان با استفاده از فناوری بلاکچین، یک سیستم غیرمتمرکز، شفاف و سریع، حل کرد (Iyer et al., 2021).

بلاکچین را می‌توان پایگاه داده‌ای معرفی کرد که اطلاعات صرفاً به آن اضافه می‌شود و شبکه‌ای از اعضای هم‌تا به هم‌تا (P2P)^۱ از آن نگهداری می‌کنند (Wu et al., 2019; Yu & He, 2019). در واقع بلاکچین نوعی ساختار داده‌ای است که از الگوریتم‌های ریاضی خاصی برای رمزگذاری هر یک از اطلاعات و ثبت آن در یک پایگاه داده، استفاده و آن‌ها را در یک ساختار زنجیره‌ای به یکدیگر متصل می‌کند (Xie & Li, 2021). ماهیت فناوری بلاکچین بر سه اصل اساسی عدم تمرکز، رمزنگاری و اجماع متکی است که ترکیبی از این اصول، امکان ایجاد یک پایگاه داده تغییرناپذیر را فراهم می‌سازد (Apte & Petrovsky, 2016).

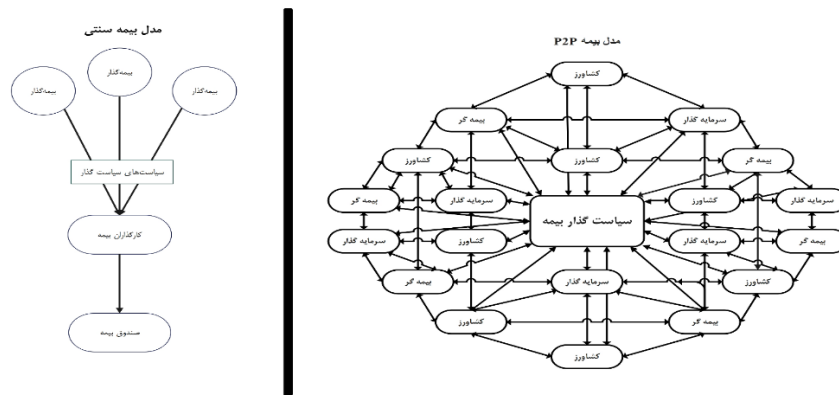
همچنین فناوری بلاکچین، بستر مناسبی را برای اجرای قراردادهای هوشمند ایجاد کرده است (Christidis & Devetsikiotis, 2016). قراردادهای هوشمند مورد استفاده در بیمه کشاورزی با خودکارسازی روند ادعای خسارت، پرداخت‌ها را براساس شرایط از پیش تعیین شده در قرارداد بیمه انجام می‌دهند. این امر زمان و کار مورد نیاز برای رسیدگی به ادعاها و تکمیل سریع‌تر و کارآمدتر روند را برای کشاورزان کاهش می‌دهد (Dayana & Kalpana, 2023). بلاکچین در بیمه کشاورزی از اهمیت زیادی برخوردار است و مزایای آن هم برای کشاورزان و هم برای بیمه‌گران قابل توجه است. این فناوری باعث کاهش زمان پردازش ادعاها و پرداخت‌ها می‌شود و به این ترتیب، برای کشاورزان که نیازمند دریافت سریع جبران خسارت هستند، بسیار مفید است. به‌عنوان مثال، در زمان خسارت محصولات کشاورزی به دلیل عوامل طبیعی، تأخیر در پرداخت می‌تواند به

1. Peer to Peer (P2P)

ضرر کشاورزان باشد. بلاکچین به دلیل شفافیت و عدم نیاز به واسطه‌ها، روند پرداخت را تسریع می‌کند و زمان رسیدگی به ادعاها را به شدت کاهش می‌دهد (Christidis & Devetsikiotis, 2016).

از طرف دیگر، این فناوری برای بیمه‌گران نیز سودمند است. بلاکچین امکان ثبت و تأیید داده‌ها را به شکل دقیق و شفاف فراهم می‌کند و از وقوع تقلب و ادعاهای جعلی جلوگیری می‌کند. همچنین، قراردادهای هوشمند که به کمک بلاکچین اجرا می‌شوند، هزینه‌های اجرایی بیمه‌گر را به دلیل اتوماسیونی بودن فرایندها کاهش می‌دهند. در نتیجه، بلاکچین به هر دو طرف کمک می‌کند تا در عین افزایش شفافیت و اعتماد، بهره‌وری بیشتری را تجربه کنند. این قرارداد و سایر اطلاعات و اسناد لازم در یک دفتر کل عمومی، یعنی زنجیره بلوکی، ذخیره می‌شود (Iyer et al., 2021).

بررسی مطالعات نشان می‌دهد که بیمه محصولات کشاورزی مبتنی بر فناوری بلاکچین یک شبکه اشتراک ریسک است که در آن گروهی از کشاورزان براساس یک سیستم ارزیابی خودکار ریسک و کسب درآمد، صندوق مشترکی را برای پوشش آن نوع ریسک کشاورزی، تحت عنوان حق بیمه تشکیل می‌دهند. بیمه P2P تضاد بین بیمه‌گر و بیمه‌گزار را کاهش می‌دهد. در واقع یک مورد خاص از بیمه پارامتری است که به آن بیمه اجتماعی نیز گفته می‌شود. ایده اصلی در بیمه P2P این است که گروهی از کشاورزان با انواع مزارع مشابه و با منافع اقتصادی مشترک، سیاست پوشش ریسک خود را براساس یک مکانیسم کنترلی پذیرفته شده، قابل اعتماد و شفاف قرار دهند و در نتیجه هزینه‌های مربوط به پوشش ریسک (آب و هوا، تولید، بازار، ریسک‌های سیاست و غیره) را کاهش دهند. این مدل بیمه جدید، بیمه سنتی را با بیمه مبتنی بر فناوری‌های نوآورانه ترکیب می‌کند و محصولی را به درخواست کشاورزان ارائه می‌کند که دارای شفافیت و اعتماد کامل به ارزیابی و پوشش ریسک است (Herings, 2018). در واقع بیمه P2P ساده و شفاف است و چالش‌هایی مانند عدم پرداخت یا تأخیر در پرداخت خسارت بیمه، تأخیر در ارزیابی محصول و حق بیمه بالا را برطرف می‌کند (Scherer, 2017; Kantur, 2018). به طور کلی می‌توان گفت به کارگیری فناوری بلاکچین در بیمه کشاورزی، شفافیت، تغییرناپذیری، افزایش کارایی، ساده‌سازی مدیریت ادعاها، اتوماسیون و ساده‌سازی مدیریت مطالبات، تقویت پذیره‌نویسی و ارزیابی ریسک، پتانسیل تأیید هویت مبتنی بر بلاکچین، پیشگیری از تقلب و تسهیل تعاملات بیمه‌گذاران را در پی دارد (Amponsah et al., 2021; Clere, 2023; Khan et al., 2021). مدل بیمه در دو حالت مبتنی بر بلاکچین و سنتی در شکل (۱) قابل مشاهده است.



شکل ۱- مدل بیمه سنتی در مقابل بیمه مبتنی بر بلاکچین

با توجه به قابلیت‌های فناوری بلاکچین و همچنین نقشی که می‌تواند در بیمه محصولات کشاورزی داشته باشد، مطالعاتی در این زمینه در سطح ایران و جهان انجام شده است. برخی از مطالعات به بررسی مزایای به‌کارگیری این فناوری پرداخته‌اند و برخی مدلی از بیمه کشاورزی مبتنی بر بلاکچین را ارائه کرده‌اند. همچنین اهمیت به‌کارگیری قرارداد هوشمند در بیمه نیز در مطالعاتی به‌طور تخصصی مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه به‌اختصار تعدادی از این مطالعات آورده شده است.

نظر و صابری (Nazar & Saberi, 2018) به بررسی فرصت‌ها و محدودیت‌های پیاده‌سازی فناوری بلاکچین در بیمه در مقایسه با پایگاه داده سنتی پرداختند. آن‌ها نخست با مرور بر مفهوم بلاکچین و نحوه عملکرد آن، برخی از تفاوت‌های بلاکچین با پایگاه داده سنتی را بیان کردند. سپس به بررسی چالش‌ها و فرصت‌های بلاکچین در بهبود شفافیت، کاهش تقلب و بهینه‌سازی روندها پرداختند. همچنین نشان دادند که چگونه می‌توان با استفاده از قراردادهای هوشمند، فرایند زنجیره تأمین را بهبود بخشید، هزینه‌ها را کاهش داد و در نهایت کارایی و اعتماد را میان ذی‌نفعان افزایش داد. جوئیبار و عبادی (Joibar & Ebadi, 2020) تحقیقی در مورد فواید، کاستی‌ها و امکان به‌کارگیری بلاکچین در بیمه انجام دادند. آن‌ها به مباحثی پیرامون عدم تقارن اطلاعات و مخاطرات اخلاقی در بیمه و نقش آن در ارتقاء اعتماد عمومی نسبت به بیمه، افزایش دقت فرایندها، قیمت‌گذاری بهینه، برآورد خسارت صحیح و منطقی، خدمت‌رسانی و شناسایی بیمه‌گزاران کم‌ریسک پرداختند. طاهری و همکاران (Taheri *et al.*, 2019) به ارائه مدل مفهومی جهت به‌کارگیری بلاکچین در مدیریت بیمه وسایل نقلیه پرداختند. آن‌ها نشان دادند که با توجه به وجود ناکارآمدی برخورد شرکت‌های بیمه با کلاهبرداری و ادعاهای دروغین، با استفاده از بلاکچین و قراردادهای هوشمند می‌توان با چالش‌ها مقابله کرد و با استفاده از یک دفتر کل توزیع شده، ادعاهای واقعی را سریع‌تر پردازش کرد. معتمدی و همکاران (Motamedi *et al.*, 2021) به بررسی نقش بلاکچین در پیشگیری از تخلفات صنعت بیمه پرداختند. آن‌ها بر این باورند که اجرای سیستم‌هایی بر پایه فناوری بلاکچین می‌تواند موجب بالا رفتن کارایی در معامله بیمه‌نامه و جریان اجرایی جبران خسارت شود. همچنین فناوری بلاکچین

موجب صیانت داده‌های فردی و انجام تراکنش‌ها در محیطی مطمئن می‌شود. برزگر و برزگر (Barzegar & Barzegar, 2022) با مروری بر مفهوم بلاکچین و نحوه عملکرد آن به بررسی تفاوت‌های آن با پایگاه داده سنتی پرداختند. سپس با بیان نحوه استفاده از آن در شاخه‌های مختلف صنعت بیمه و اشاره به مزایای منحصر به فرد آن به ارزیابی محدودیت‌ها و شرایط استفاده از این فناوری در صنعت بیمه پرداختند. در نهایت به افت قابل توجه جرائمی همچون تقلب و کلاهبرداری و جعل در بیمه به دلیل استفاده از فناوری بلاکچین تأکید داشتند.

از جمله مطالعات خارجی می‌توان به جها و همکاران (Jha *et al.*, 2018) اشاره نمود که در مطالعه‌ای به منظور ارائه روشی نوآورانه برای طراحی مجدد بیمه سنتی در برابر خطرات ناشی از آب و هوا برای محصولات، بلاکچین مبتنی بر اتریوم را پیشنهاد کردند که این نوع بیمه از محصولات در برابر زیان‌های ناشی از تغییرات آب و هوا محافظت می‌کند. جها و همکاران (Jha *et al.*, 2021) در تحقیقی دیگر، سازوکار غیرمتمرکز بیمه محصولات کشاورزی مبتنی بر بلاکچین را پیشنهاد کردند. سیستم پیشنهادی نیاز به رابط‌ها را از بین برده و شفافیت در سیستم مالی کشاورزی را ضمانت می‌کند. در اجرای سیستم بیمه از مفهوم قراردادهای هوشمند نیز استفاده کردند. در نهایت محققان با واکاوی نتایج و آزمون‌های انجام شده، سیستم پیشنهادی را مؤثر بیان نمودند. شریفی‌نژاد و همکاران (Sharifinejad *et al.*, 2020) سیستم بیمه مبتنی بر بلاکچین در شهرهای هوشمند (BIS) را پیشنهاد دادند. این سیستم متشکل از مدیران شهر هوشمند، شرکت‌های بیمه، کاربران، حسگرها و سایر دستگاه‌ها است. از ویژگی‌های BIS، افزایش حریم خصوصی کاربران، ارتقاء شفافیت و به اشتراک‌گذاری سریع اطلاعات با سایر مؤسسات و کاربران در صورت درخواست متقاضیان است. نتایج مطالعه نشان داد که سیستم بیمه مبتنی بر بلاکچین در شهرهای هوشمند به طور قابل توجهی تأخیر در صنعت بیمه را در مقایسه با روش‌های بیمه مرسوم کاهش می‌دهد. گرا و همکاران (Gera *et al.*, 2020) در مطالعه‌ای به نقش بیمه مبتنی بر فناوری بلاکچین در رفع چالش‌های مسائل مربوط به پرداخت‌های بیمه مانند ادعاهای متقلبانه خسارت و دست‌کاری مطالبات پرداختند. آن‌ها نشان دادند به دلیل رمزنگاری تراکنش‌ها و نیز ذخیره آن‌ها از هرگونه تلاش متقلبانه در صنعت بیمه جلوگیری به عمل می‌آید. بر اساس یافته‌ها، سیستم پیشنهادی منجر به حفاظت از معاملات بیمه، امنیت و یکپارچگی داده‌ها و پاسخگویی بیشتر خواهد شد. همچنین ایر و همکاران (Iyer *et al.*, 2021) به دلیل شناخت مشکلات بخش کشاورزی در هند و به‌ویژه محدودیت ابزارهای کاهش ریسک مانند بیمه، چارچوب بیمه غیرمتمرکز هم‌تا به هم‌تا را پیشنهاد دادند که با تأمین منافع کشاورزان و حذف واسطه‌ها، امنیت را تأمین می‌کند. سیستم پیشنهادی آن‌ها، استاندارد و شفاف بوده به‌طوری‌که این سیستم از طریق فناوری بلاکچین، همه اطلاعات را در دسترس ذی‌نفعان قرار می‌دهد و موجب افزایش اعتماد در میان کشاورزان و سرمایه‌گذاران خصوصی می‌شود. دایانا و کالپانا (Dayana & Kalpana, 2023) مزایای بالقوه استفاده از فناوری بلاکچین

در بیمه مواد غذایی را بررسی کردند و مدلی را پیشنهاد دادند که می تواند فرایند ادعا را خودکار کند، زمان و کار مورد نیاز برای پردازش ادعاها را کاهش دهد و فرایند را برای کشاورزان سریع تر و کارآمدتر کند. همچنین می تواند باعث افزایش شفافیت و کاهش تقلب شود و امنیت کلی سیستم را بهبود بخشد.

قراردادهای هوشمند یک بعدی که برای فعال کردن بیمه ها استفاده می شود در مطالعه پاگانو و همکاران (Pagano *et al.*, 2019) مورد مباحثه قرار گرفت. آن ها اجرای چنددوره ای در قراردادهای بیمه هوشمند را معرفی کردند که در آن ساختار قراردادی، یعنی حق بیمه، مجموع غرامت و تعیین درصد ریسک متغیر است. این مقاله جنبه های حقوقی چنین قراردادی را تحلیل کرده است. همچنین استفاده از قراردادهای هوشمند برای اجرای خسارت های بیمه توسط بورسلی (Borselli, 2020) بررسی شده است. تحلیل مزایای قراردادهای هوشمند در بیمه و مزایای قراردادهای هوشمند در بخش بیمه محصولات زراعی با استفاده از داده های آب و هوایی از جمله موارد مطرح در تحقیق است. کوورچیان و همکاران (Kevorchian *et al.*, 2020) مطالعه ای با هدف طراحی راه حل فناوری مبتنی بر بلاکچین اتریوم انجام دادند که از یک محصول مالی برای پوشش ریسک تولید از طریق یک چارچوب ساختاریافته در دو سطح تحلیل-تصمیم گیری و سطح پرداخت پشتیبانی کند. از سایر مطالعات در مورد امکان استفاده از فناوری بلاکچین در بیمه و بررسی مزایای آن می توان به موارد زیر اشاره کرد (Gatteschi *et al.*, 2018; Davis, 2018; Sayegh & Desoky, 2019).

بررسی مطالعات داخلی نشان می دهد که اهمیت به کارگیری فناوری بلاکچین در ارتباط با بیمه کشاورزی مورد توجه قرار نگرفته است. در مطالعات خارجی نیز پذیرش این فناوری و اهمیت ویژگی های آن به خصوص در بیمه کشاورزی در نظر گرفته نشده است. از آنجاکه برای توسعه یک فناوری جدید در ابتدا باید پذیرش آن مورد را بررسی نمود، لذا در مطالعه حاضر سعی بر این است تا اهمیت طراحی یک راه حل بیمه کشاورزی مبتنی بر بلاکچین مورد بررسی قرار گیرد.

روش پژوهش

مطالعه حاضر با هدف بررسی اهمیت و نقش طراحی بیمه محصولات کشاورزی مبتنی بر فناوری بلاکچین انجام گرفت. به این منظور ضمن مرور تحلیلی برخی مطالعات انجام گرفته در این زمینه، بررسی کمی نیز صورت گرفت. بر همین اساس معیارهایی از فناوری بلاکچین برای توسعه بیمه محصولات کشاورزی تعیین شد و سپس با ۱۵ کارشناس صندوق بیمه محصولات کشاورزی استان مازندران در سال ۱۴۰۳ مصاحبه انجام شد. به این ترتیب که هر یک از کارشناسان به اهمیت هر یک از معیارها اختصاص دادند. این امر با هدف شناسایی معیارهای مهم از نظر خبرگان بیمه محصولات کشاورزی انجام گرفت تا

بتوان در ادامه به طراحی بیمه محصولات کشاورزی ایران مبتنی بر فناوری بلاکچین پرداخت. به بیانی دیگر بتوان در جهت بومی‌سازی بلاکچین برای توسعه بیمه محصولات کشاورزی گام برداشت. همچنین به‌منظور پردازش بهتر داده‌ها از شبکه عصبی مصنوعی (ANN)^۱ استفاده شد. شبکه‌های عصبی، سیستم‌ها و روش‌های محاسباتی جدیدی برای یادگیری ماشین (ML)^۲، نمایش دانش^۳ و در نهایت استفاده از دانش به‌دست‌آمده برای به حداکثر رساندن پاسخ‌های خروجی سیستم‌های پیچیده هستند (Chen et al., 2019). شبکه‌های عصبی مصنوعی در واقع یک روش محاسباتی است که چندین واحد پردازش را براساس اتصالات، به هم پیوسته می‌سازد. شبکه از تعداد دلخواه سلول (گره، واحد یا نورون) تشکیل شده است که مجموعه ورودی را به خروجی متصل می‌کند. این بخشی از یک سیستم کامپیوتری است که نحوه تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌ها توسط مغز انسان را تقلید می‌کند (Dastres & Soori, 2021).

ایده اصلی این گونه شبکه‌ها تا حدودی الهام گرفته از شیوه کارکرد سیستم عصبی زیستی برای پردازش داده‌ها و اطلاعات به‌منظور یادگیری و ایجاد دانش می‌باشد. عنصر کلیدی این ایده، ایجاد ساختارهایی جدید برای سامانه پردازش اطلاعات است. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق العاده بهم‌پیوسته با نام نورون تشکیل شده که برای حل یک مسئله با هم هماهنگ عمل می‌کنند و توسط سیناپس‌ها (ارتباطات الکترومغناطیسی) اطلاعات را منتقل می‌کنند. اگر یک سلول در این شبکه‌ها آسیب ببیند بقیه سلول‌ها می‌توانند نبود آن را جبران کنند و نیز در بازسازی آن سهیم شوند. این شبکه‌ها قادر به یادگیری هستند. یادگیری در این گونه سیستم‌ها به‌صورت تطبیقی صورت می‌گیرد؛ یعنی در صورت دادن ورودی‌های جدید، وزن سیناپس‌ها به‌گونه‌ای تغییر می‌کند که سیستم پاسخ درستی تولید می‌کند (Hassoun, 2003).

تابع فعال‌سازی شبکه در مطالعه حاضر، تابع هایپربولیک تانژانت چندمتغیره می‌باشد. هایپربولیک تانژانت چندمتغیره (یا به‌اختصار \tanh) یکی از توابع هایپربولیک است که به‌طور گسترده در ریاضیات، فیزیک، و علوم محاسباتی استفاده می‌شود. این تابع شکل تعمیم‌یافته‌ای از تابع هایپربولیک تک‌متغیره $\tanh(x)$ است. برای یک تابع چندمتغیره مانند $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ، هایپربولیک تانژانت به‌صورت ترکیبی از تانژانت‌های هایپربولیک تک‌متغیره تعریف می‌شود:

$$\tanh(x_n) \dots \dots \dots \tanh(x_2) \cdot \tanh(x_1) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

-
1. Artificial Neural Network (ANN)
 2. Machine Learning
 3. Knowledge Demonstration

تابع های پربولیک تانژانت در علم محاسبات و شبکه های عصبی به عنوان یک تابع فعال سازی به کار می رود. ویژگی این تابع این است که خروجی آن در بازه (۱ و -۱) قرار دارد و با برخورداری از این خاصیت می تواند مقادیر ورودی را به یک محدوده مشخصی محدود کند و درعین حال رفتار غیرخطی مورد نیاز برای شبکه های عصبی را فراهم آورد (Goodfellow *et al.*, 2016).

لازم به ذکر است که محاسبه وزن ها به کمک نرم افزارهای Excel و SPSS انجام گرفت. معیارها براساس بررسی های انجام گرفته، "قابلیت ردیابی تراکنش ها در بیمه محصولات کشاورزی"، "تسریع در رسیدگی به ادعاهای خسارت بیمه محصولات کشاورزی"، "امنیت اطلاعات برای بیمه محصولات کشاورزی"، "شفافیت تراکنش ها" و "کاهش مخاطرات اخلاقی در بیمه محصولات کشاورزی" تعیین شد. توضیح معیارهای مذکور به اختصار در زیر آورده شده است:

- **قابلیت ردیابی تراکنش ها در بیمه محصولات کشاورزی:** بیمه محصولات کشاورزی مبتنی بر فناوری بلاکچین یک مکانیسم قابل اعتماد برای مدیریت هویت بیمه گزاران، بیمه گران و سایر ذی نفعان فراهم می کند. دسترسی به زمان، مکان و سایر داده ها را در هر اقدامی در مورد نوع بیمه و نوع محصولات بیمه شده امکان پذیر می کند. به اشتراک گذاری تأیید هویت مبتنی بر بلاکچین می تواند موجب تسهیل فرایند پذیره نویسی با تأیید ایمن و کارآمد هویت بیمه گزاران و سایر ذی نفعان شود (Amponsah *et al.*, 2021).

- **تسریع در رسیدگی به ادعاهای خسارت بیمه محصولات کشاورزی:** با به کارگیری فناوری بلاکچین می توان فرایند صدور بیمه، مدیریت خسارت، پرداخت حق بیمه را خودکار ساخت که با حذف مداخلات دستی و ساده سازی گردش های کاری، کارایی عملیاتی بهبود یافته و هزینه های اداری کاهش می یابند. همچنین قراردادهای هوشمند می توانند پرداخت مزایا یا مطالبات بیمه نامه را براساس شرایط از پیش تعریف شده خودکار کنند، به طوری که با حذف نیاز به پردازش و راستی آزمایی دستی مطالبات، پرداخت های سریع تر و کارآمدتری را به بیمه گزاران امکان پذیر سازند (Khan *et al.*, 2021).

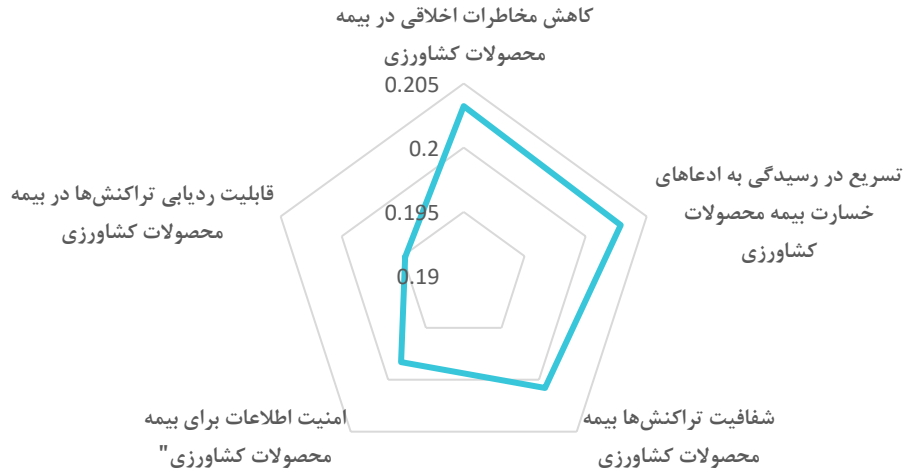
- **امنیت اطلاعات برای بیمه محصولات کشاورزی:** فناوری بلاکچین از رمزنگاری نامتقارن و الگوریتم های امضای دیجیتال برای اطمینان از امنیت داده ها و هویت فردی استفاده می کند (Zhang, 2019). هنگامی که یک بلوک با مجموعه ای از معاملات توسط اجماع تأیید و ذخیره شد، داده های محصور شده دیگر نمی توانند ویرایش شوند. لذا فناوری بلاکچین بستری برای سازگاری داده های ایمن، تغییرناپذیری داده ها، سطح حریم خصوصی و افزایش اعتماد بین سازمانی فراهم می آورد (Zhang, 2019; Xie & Li, 2021; Kamble *et al.*, 2020)

- **شفافیت تراکنش‌ها:** شفافیت نیز یک فاکتور اجتماعی- فنی است که می‌تواند از طریق تغییرناپذیری معاملات در ساختار توزیع شده بلاکچین تقویت شود (Pavlou & Gefen, 2004). بیمه محصولات کشاورزی بر پایه بلاکچین نیز شفافیت در جزئیات بیمه‌نامه‌ها، تراکنش مالی، مطالبات، پرداخت‌ها و به‌طور کلی شفافیت بین بیمه‌گذاران و بیمه‌گران را در پی خواهد داشت. شفافیت بلاکچین امکان مشاهده در زمان واقعی و دسترسی به داده‌های تراکنش را توسط شرکت‌کنندگان مجاز، مانند بیمه‌گذاران، بیمه‌شدگان و نهادهای نظارتی فراهم می‌کند. این شفافیت ذی‌نفعان را قادر می‌سازد تا صحت معاملات بیمه را تأیید کنند و خطر فعالیت‌های متقلبانه را کاهش دهند (Bodemer, 2023).

- **کاهش مخاطرات اخلاقی:** فناوری بلاکچین می‌تواند فرایند پذیره‌نویسی در بیمه را با دسترسی به داده‌های قابل اعتماد و تغییرناپذیر بهبود بخشد. سوابق غیرقابل تغییر در بلاکچین یکپارچگی و قابلیت اطمینان داده‌های پذیره‌نویسی را تضمین می‌کند و خطر اطلاعات جعلی یا نادرست را کاهش می‌دهد. این امر به بیمه‌گران این امکان را می‌دهد تا تصمیمات پذیره‌نویسی آگاهانه‌تری را براساس منابع داده‌ای قابل اعتماد و شفاف اتخاذ کنند (Clere, 2023). همچنین فناوری بلاکچین می‌تواند تأیید ادعاها را با ادغام با منابع داده خارجی، مانند دستگاه‌های IoT یا پایگاه‌های داده خارجی، خودکار سازد. این ادغام امکان جمع‌آوری خودکار و بی‌درنگ داده‌ها را فراهم می‌کند که می‌تواند به اعتبارسنجی و صحت اطلاعات ادعا شده و کاهش مخاطرات اخلاقی کمک کند (Bodemer, 2023).

یافته‌ها و بحث

پس از ارائه توضیحات مطرح شده به کارشناسان بیمه محصولات کشاورزی، آنان اهمیت معیارهای "قابلیت ردیابی تراکنش‌ها در بیمه محصولات کشاورزی"، "تسریع در رسیدگی به ادعاهای خسارت بیمه محصولات کشاورزی"، "امنیت اطلاعات"، "شفافیت تراکنش‌ها" و "کاهش مخاطرات اخلاقی در بیمه محصولات کشاورزی" را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲- نمودار عنکبوتی اهمیت قابلیت‌های فناوری بلاکچین برای توسعه بیمه محصولات کشاورزی

منبع: یافته‌های تحقیق

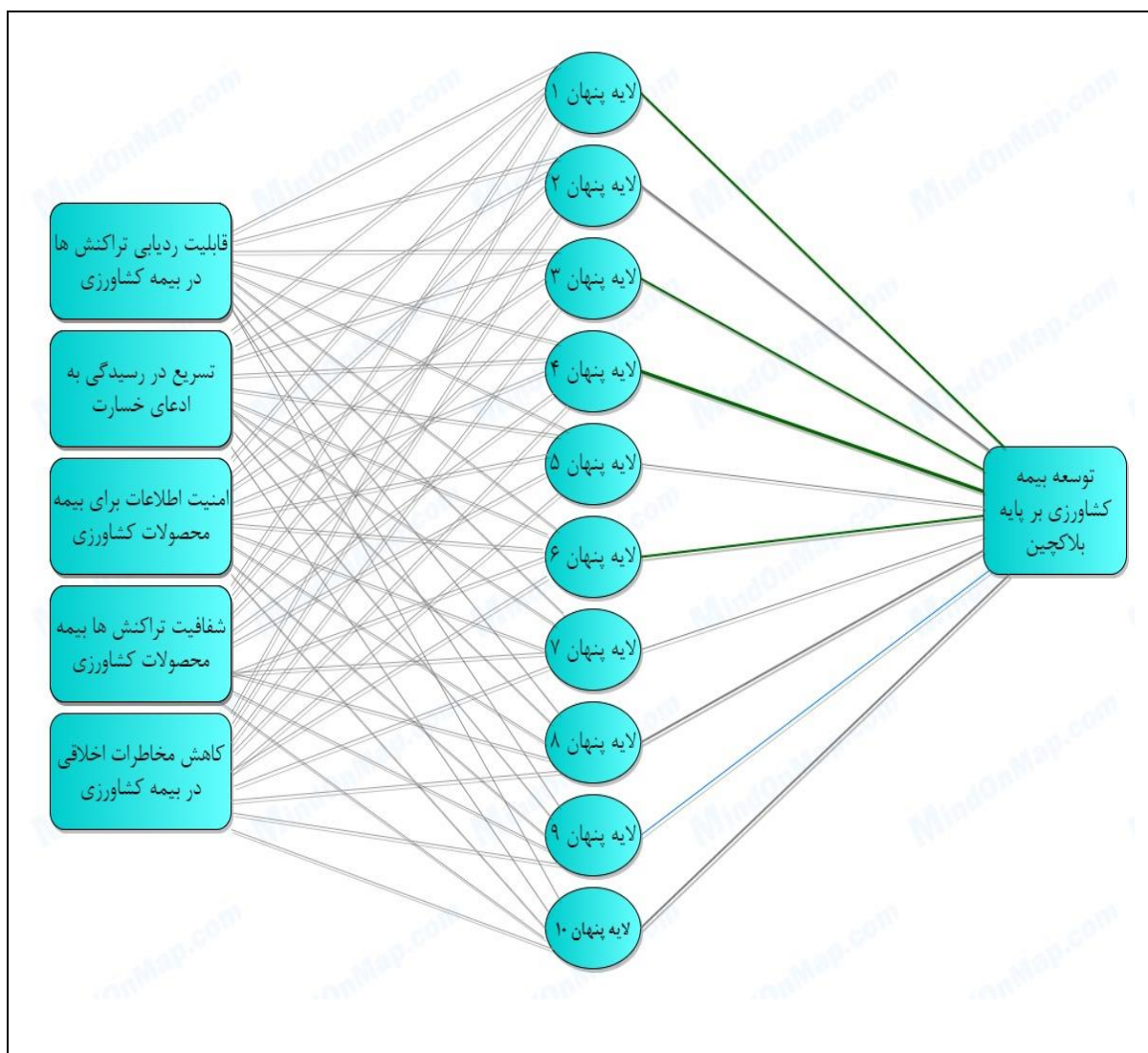
همان طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، براساس نتایج به‌دست‌آمده، معیارهای "کاهش مخاطرات اخلاقی در بیمه محصولات کشاورزی"، "تسریع در رسیدگی به ادعاهای خسارت بیمه محصولات کشاورزی" و "شفافیت تراکنشها" به‌ترتیب بالاترین اهمیت را داشتند.

همچنین به‌منظور تبیین میزان اهمیت پنج ویژگی فناوری بلاکچین برای توسعه بیمه محصولات کشاورزی، وزن سیناپسی هر یک از ویژگی‌های مستخرج از شبکه عصبی مصنوعی^۱ در قالب جدول (۱) ارائه شده‌است. همچنین شکل (۳) ارتباط بین ویژگی‌ها و لایه‌های پنهان را نمایش می‌دهد.

جدول ۱- وزن سیناپسی ویژگی‌های فناوری بلاکچین در هر یک از لایه‌های پنهان

مجموع وزن‌ها	لایه ۱ پنهان	لایه ۲ پنهان	لایه ۳ پنهان	لایه ۴ پنهان	لایه ۵ پنهان	لایه ۶ پنهان	لایه ۷ پنهان	لایه ۸ پنهان	لایه ۹ پنهان	لایه ۱۰ پنهان	
قابلیت ردیابی تراکنشها	۱/۰۰	۰/۵۷	۰/۲۹	۰/۵۰	۰/۷۴	۰/۴۱	۰/۰۰	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۴۳	۴/۷۷
شفافیت تراکنشها	۰/۹۸	۰/۵۳	۰/۰۰	۰/۴۶	۰/۷۱	۰/۱۰	۱/۰۰	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۵۷	۵/۰۸۶
امنیت اطلاعات	۰/۰۰	۰/۵۲	۰/۹۲	۰/۴۴	۰/۲۷	۰/۰۷	۱/۰۰	۰/۳۵	۰/۵۳	۰/۳۶	۴/۴۷۷
کاهش مخاطرات اخلاقی	۰/۱۵	۰/۴۷	۰/۸۲	۰/۵۸	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۸	۰/۷۲	۰/۶۷	۰/۷۰	۵/۷۳۸
تسریع در رسیدگی به ادعاها	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۸۳	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۷۱	۰/۶۶	۰/۴۹	۵/۶۶۱
توسعه بیمه کشاورزی مبتنی بر بلاکچین	۲۵/۵	۷۹۵/۷	۳۸/۵	۲۲۸۲/۷	۶۴/۲	۲۴۴/۶	۳۱/۶	۱۶۰۴/۷	۰/۰۰	۱۰۰/۰۴	

1. Artificial Neural Networks (ANN)



شکل ۳- نمودار ارتباط ویژگی‌های فناوری بلاکچین و لایه‌های پنهان و خروجی در شبکه عصبی

همان طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، مجموع اوزان سیناپسی معیار "قابلیت ردیابی تراکنش‌ها در بیمه محصولات کشاورزی" بر همه لایه‌های پنهان ۴/۷۷ محاسبه شده است. همچنین جمع وزن‌های سیناپسی معیارهای "شفافیت تراکنش‌ها"، "امنیت اطلاعات برای بیمه محصولات کشاورزی"، "کاهش مخاطرات اخلاقی در بیمه محصولات کشاورزی" و "تسریع در رسیدگی به ادعاهای خسارت بیمه محصولات کشاورزی" به ترتیب ۵/۰۸، ۴/۴۷، ۵/۷۳ و ۵/۶۶ تعیین شد. بر این اساس در میان معیارهای مذکور، معیار "کاهش مخاطرات اخلاقی در بیمه محصولات کشاورزی" بالاترین وزن و معیار "قابلیت ردیابی تراکنش‌ها در بیمه محصولات کشاورزی" کمترین وزن را داشتند.

شایان ذکر است که ردیف پایانی جدول (۱) وزن سیناپسی هر لایه پنهان بر توسعه بیمه مبتنی بر فناوری بلاکچین را نمایش می‌دهد.

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر سعی شد ضمن معرفی فناوری بلاکچین و کاربرد آن در بیمه، پذیرش این فناوری توسط خبرگان و فعالان بیمه محصولات کشاورزی مورد بررسی قرار گیرد. به این منظور، اهمیت شاخص‌هایی از فناوری بلاکچین برای بیمه محصولات کشاورزی شناسایی و توسط نمونه آماری بررسی شد. مطابق با نتایج مصاحبه، اولویت شاخص‌ها به ترتیب "کاهش مخاطرات اخلاقی در بیمه محصولات کشاورزی"، "تسریع در رسیدگی به ادعاهای خسارت بیمه محصولات کشاورزی"، "شفافیت تراکنش‌ها"، "امنیت اطلاعات برای بیمه محصولات کشاورزی" و "قابلیت ردیابی تراکنش‌ها در بیمه محصولات کشاورزی" بودند. مطالعات جویبار و عبادی (Joibar & Ebadi, 2020) و برزگر و برزگر (Barzegar & Barzegar, 2022) نیز بر اهمیت کاهش مخاطرات اخلاقی با به کارگیری قرارداد هوشمند تأکید داشتند.

مطالعه حاضر اهمیت اساسی ایجاد بیمه محصولات کشاورزی مبتنی بر بلاکچین را که متناسب با نیازهای کشاورزان خرده‌پا است، نشان می‌دهد. کشاورزی به‌عنوان سنگ بنای درآمدزایی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه عمل می‌کند و نیروی کار قابل توجهی را پشتیبانی می‌کند. با این حال، آسیب‌پذیری ذاتی زنجیره تأمین کشاورزی در برابر بلایای طبیعی، مانند زلزله و سیل، تهدیدی اساسی برای زمان‌بندی تحویل محصول و معیشت کشاورزان خرده‌مالک است. راه حل پیشنهادی با معرفی یک مکانیسم غیرمتمرکز برای بیمه محصولات کشاورزی و استفاده از قدرت بلاکچین و فناوری‌های ذخیره‌سازی غیرمتمرکز به این چالش‌ها پرداخته است.

یکی از جهت‌گیری‌های قابل توجه، توسعه برنامه‌های غیرمتمرکز است که قادر به خودکارسازی جنبه‌های اضافی فرایندهای بیمه و ارائه منافع ملموس به همه ذی‌نفعان درگیر است. علاوه بر این، درحالی که این مقاله پتانسیل فناوری بلاکچین را به نمایش گذاشته است اما لازم است اذعان شود چشم‌انداز بلاکچین هنوز در مراحل ابتدایی خود بوده و با چندین چالش باز همراه است. این موارد شامل نگرانی‌های مقیاس‌پذیری، ساختارهای حاکمیتی و بهینه‌سازی مصرف انرژی است. پرداختن به این چالش‌ها برای ادامه تکامل و پذیرش راه‌حل‌های مبتنی بر بلاکچین در حوزه بیمه محصولات کشاورزی و فراتر از آن حیاتی خواهد بود.

منابع (References)

- Amponsah, A.A., Adekoya, A.F., & Weyori, B.A. (2021). Blockchain in insurance: Exploratory analysis of prospects and threats. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(1). <http://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120153>.
- Apte, S., & Petrovsky, N. (2016). Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management? *Journal of Excipients and Food Chemicals*, 7(3), 76-78.
- Barzegar, M., & Barzegar, Z. (2022). Blockchain technology in insurance based on smart contracts, *The 29th National Conference and the 10th International Conference on*

- Insurance and Development with the Topic: Development of Insurance Knowledge. (In Persian)
- Bodemer, O. (2023). Transforming the insurance industry with blockchain and smart contracts: Enhancing efficiency, transparency, and trust. TechRxiv. <http://doi.org/10.36227/techrxiv.24006237.v1>.
- Borselli, A. (2020). Smart contracts in insurance: A law and futurology perspective. In: Marano, P., & Noussia, K. (eds) *InsurTech: A Legal and Regulatory View*. AIDA Europe Research Series on Insurance Law and Regulation, vol 1. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27386-6_5.
- Chen, M., Challita, U., Saad, W., Yin, C., & Debbah, M. (2019). Artificial neural networks-based machine learning for wireless networks: A tutorial. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(4), 3039-3071. <http://doi.org/10.1109/COMST.2019.2926625>.
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the internet of things. *Ieee Access*, 4, 2292-2303. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339>.
- Clere, A. (2023). 'How will blockchain technology reshape the insurance market?' Available at: <http://insurtechdigital.com/articles/how-will-blockchain-technology-reshape-the-insurance-market>.
- Dastres, R., & Soori, M. (2020). Secure Socket Layer (SSL) in the network and web security. *International Journal of Computer and Information Engineering*, 14(10), 330-333.
- Davis, J. (2018). Peer to peer insurance on an Ethereum blockchain: General Consideration of the Fundamentals of Peer-to-Peer Insurance, *Dynamis Project White Paper*, 1-8.
- Dayana, D.S., & Kalpana, G. (2022). Augmented system for food crops production in agricultural supply chain using blockchain technology. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(4). <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130468>.
- Gatteschi, V., Lamberti, F., Demartini, C., Pranteda, C., & Santamaría, V. (2018). Blockchain and smart contracts for insurance: Is the technology mature enough? *Future Internet*, 10(2), 20. <https://doi.org/10.3390/fi10020020>
- Gera, J., Palakayala, A.R., Rejeti, V.K., & Anusha, T. (2020). Blockchain technology for fraudulent practices in insurance claim process. 2020 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES), 1068-1075, Coimbatore, India, <https://doi.org/10.1109/ICCES48766.2020.9138012>.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press, Cambridge.
- Hassoun, M.H. (2003). *Fundamentals of artificial neural networks*. MIT Press, Cambridge.
- Herings, K. (2018). Implementing a simple smart contract for asset tracking. Available at: <http://www.codecentric.de/wissens-hub/blog/implementing-smart-contracts>.
- Iyer, V., Shah, K., Rane, S., & Shankarmani, R. (2021). Decentralised peer-to-peer crop insurance. *BSCI 21: Proceedings of the 3rd ACM International Symposium on Blockchain and Secure Critical Infrastructure*. <https://doi.org/10.1145/3457337.3457837>.

- Jha, N., Prashar, D., Khalaf, O.I., Alotaibi, Y., Alsufyani, A., & Alghamdi, S. (2021). Blockchain based crop insurance: A decentralized insurance system for modernization of Indian farmers. *Sustainability*, 13(16): 8921. <https://doi.org/10.3390/su13168921>.
- Jha, S., Andre, B., & Jha, O. (2018). ARBOL: Smart contract weather risk protection for agriculture. Available at: https://www.arbolmarket.com/wp-content/uploads/2018/09/ARBOL_WP-1.pdf.
- Joibar, A.R., & Ebadi, A.A. (2020). Feasibility of using blockchain technology in insurance. The 4th International Conference on Modern Management and Accounting Studies in Iran, Karaj. (In persian)
- Kamble, S.S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2020). Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain. *International Journal of Information Management*, 52, 101967. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.023>.
- Kantur, H. (2018). How smart contracts can change the insurance industry: Benefits and challenges of using blockchain technology. Master Thesis in Informatics. IT, Management and Innovation. Jonkoping University, Sweden. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12533.01768>.
- Kevorchian, C., Gavrilesco, C., & Hurduzeu, G. (2020). A peer-to-peer (p2p) agricultural insurance approach based on smart contracts in blockchain ethereum. *Agricultural Economics and Rural Development*, Institute of Agricultural Economics, 17(1), 29-45.
- Khan, S.N., Loukil, F., Ghedira-Guegan, C., Benkhelifa, E., & Bani-Hani, A. (2021). Blockchain smart contracts: Applications, challenges, and future trends. *Peer-to-peer networking and Applications*, 14, 2901-2925. <https://doi.org/10.1007/s12083-021-01127-0>.
- Motamedi, M., Rudbari Munji, Z., & Faraji Pol., M. (2021). The role of blockchain in preventing insurance violations. The First National Conference of New Achievements in Management,
- Nazar, N., & Saberi, M. (2018). Opportunities and limitations of implementing blockchain technology in the insurance industry compared to the traditional database. 25th National Conference on Insurance and Development, Tehran. (In Persian)
- Pagano, A.J., Romagnoli, F., & Vannucci, E. (2019). Implementation of blockchain technology in insurance contracts against natural hazards: A methodological multi-disciplinary approach. *Environmental and Climate Technologies*, 23(3), 211-229. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2019-0091>.
- Pavlou, P.A., & Gefen, D. (2004). Building effective online marketplaces with institution-based trust. *Information Systems Research*, 15(1), 37-59. <http://doi.org/10.1287/isre.1040.0015>.
- Salmon, J., & Myers, G.I. (2019). Blockchain and associated legal issues for emerging markets. EMCompass; No.63. World Bank Group: Washington, DC.
- Sayegh, K., & Desoky, M. (2019). Blockchain application in insurance and reinsurance. Skema Business School, France.
- Scherer, M. (2017). Performance and scalability of blockchain networks and smart contracts. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:169583882>.

- Sharifinejad, M., Dorri, A., & Rezazadeh, J. (2020). BIS-A blockchain-based solution for the insurance industry in smart cities. arXiv preprint arXiv:2001.05273. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2001.05273>.
- Taheri, N., Akhavan, P., & Dadash TabarAhmadi, K. (2020). Presenting a conceptual model for using blockchain in vehicle insurance management with an emphasis on the importance of smart contracts, 2nd International Conference on Knowledge Management, Blockchain and Economy, Tehran. (In Persian)
- Walter, A., Finger, R., Huber, R., & Buchmann, N. (2017). Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(24), 6148-6150. <https://doi.org/10.1073/pnas.1707462114>.
- Wu, M., Wang, K., Cai, X., Guo, S., Guo, M., & Rong, C. (2019). A comprehensive survey of blockchain: From theory to IoT applications and beyond. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(5), 8114-8154. <http://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2922538>.
- Xie, W., & Li, Y. (2021). Risk analysis of supply chain finance under blockchain technology-based on AHP-FCM Model. In *E3S Web of Conferences*, 2021 International Conference on Economic Innovation and Low-carbon Development (EILCD 2021275, 01025). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127501025>.
- Yu, F.R., & He, Y. (2019). A service-oriented blockchain system with virtualization. *Transactions on Blockchain Technology and Applications*, 1(1), 1-10.
- Zhang, J. (2019). Deploying blockchain technology in the supply chain. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86530>.