Agricultural Economics and Development

Vol. 33, No. 131, Autumn 2025

Designing a Smart Contract for Agricultural Insurance on Blockchain

N. Nemati [1], F. Eshghi [2], S.M. Mojaverian [3], T. Ranjbar Malekshah [4]

Received: 7 June, 2025 Accepted: 22 September, 2025

Introduction: Agriculture is widely recognized as a cornerstone of income and employment in many developing economies; however, farm households and agri-food supply chains are repeatedly exposed to different shocks such as droughts, floods, earthquakes, and other climate-related extremes that disrupt production calendars and threaten livelihoods. Conventional agricultural insurance has often been observed to underperform in such contexts because of high administrative costs, fragmented data flows, lengthy claims assessment processes, payment delays, and trust deficits among stakeholders. In response to these limitations, a technology pathway based on distributed ledgers and self-executing agreements has been investigated. By encoding policy terms and operational rules in smart contracts, adjudication can be automated, manual reconciliations can be reduced, and a tamper-evident audit trail can be created to enhance transparency and accountability. Accordingly, a prototype decentralized insurance mechanism for agricultural products was designed and implemented. The objective was defined as improving efficiency, lowering operational frictions and costs, and increasing trust through immutability and end-to-end visibility. To ensure alignment with beneficiary needs, user priorities were elicited and translated into technical specifications before implementation. The resulting system was structured around a modular set of smart contracts, a distributed execution environment, and a user interface designed for non-technical participants. The approach was intended to

1. PhD Student in Agricultural Economics, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
2. Corresponding Author and Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran (fesh.foad@gmail.com).
3. Professor, Department of Agricultural Economics, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
4. Graduate in Agricultural Economics, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.

DOI: 10.30490/aead.2025.367446.1673

demonstrate that blockchain-based insurance can be operationalized in a practical, auditable, and scalable manner suited to the realities of agricultural risk.

Materials and Methods: The research was conducted in two coordinated tracks. In the requirements track, the preferences of intended users were elicited and quantified. In 2024, opinions from 30 farmers were collected regarding the desirable features of a blockchain-enabled insurance platform. The Analytic Hierarchy Process (AHP) was employed to structure the decision problem and derive weights. Pairwise comparisons were administered over a defined hierarchy of criteria and sub-criteria, an importance scale was applied, and consistency ratios were checked to validate response coherence. In the system design and prototyping track, the AHP-derived requirements were translated into an executable architecture. A suite of four smart contracts was specified and developed on an Ethereum-compatible blockchain: (i) a registration contract to onboard and manage roles (insurers, policyholders, and damage assessors) and to bind unique identifiers to addresses; (ii) an insurance policy contract to issue policies, store key parameters (coverage window, premium, payout logic, and insured product type), and emit events for state changes; (iii) a damage assessor contract to receive authenticated assessments and associate them with claims; and (iv) a payment contract to enforce rule-based disbursement once contractual conditions were met. The network substrate was provided by distributed servers organized in multi-node clusters so that validation, consensus, and storage were shared across nodes for resilience and auditability. A hybrid data strategy was adopted. Policy metadata, claim states, and event logs were anchored on-chain for immutability and traceability, while large or sensitive artifacts were stored off-chain with cryptographic hashes maintained on-chain to guarantee integrity. A web-based user interface was developed to expose core user journeys—registration and verification, policy discovery and purchase, claim initiation, assessment submission (for authorized assessors), and payout tracking—so that non-technical users could interact with the platform.

Results and Discussion: According to the AHP, 5 criteria were determined: "process improvement and promotion of agricultural insurance", "immutability of agricultural insurance data", "transparency of agricultural insurance", "emergency potential in agricultural insurance", and "traceability of agricultural insurance activities", and 23 sub-criteria. The results showed that the sub-criteria of "visibility of the type of insured products and specificity of the type of insurance", "visibility of transactions (activities) carried out between insurers, policyholders, experts and other stakeholders (based on the assigned code)" and "visibility of

insurers, policyholders, experts and other stakeholders (based on the assigned code)" had the highest weight and importance with weights of 0.338, 0.334 and 0.327, respectively. Also, the proposed model in this study includes four contracts: registration smart contract, insurance policy smart contract, damage assessor smart contract, and payment smart contract. The blockchain network that underpins the proposed smart contract platform also includes an infrastructure built on distributed servers and multi-node clusters. In addition, a user interface (site) was created that allows users to engage with the blockchain network and smart contracts.

Conclusion and Suggestions: The existing system described in the study is a prototype for a decentralized insurance system. This solution eliminates third-party intervention through the use of blockchain technology. Smart contracts enable the automation of tasks, hence speeding up the entire insurance process. Trust is fostered in an environment devoid of trust. Furthermore, the versatile system architecture allows for seamless customization to accommodate various product index policies. Since the capabilities of smart contracts in the context of blockchain technology have been welcomed by the interviewed farmers, it is suggested that the necessary surveys be conducted to promote and develop smart contracts for agricultural product insurance, as well as design smart contracts with the ability to include the features of various products in different regions.

Keywords: *Contract Design, Decentralized, Peer-to-Peer, Agricultural Insurance, Analytic Hierarchy Process (AHP).*

JEL Classification: G22, O31, O33

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۳، شماره ۱۳۱، پاییز ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

طراحی قرارداد هوشمند بیمه محصولات کشاورزی در بلاک‌چین

نعمت‌الله نعمتی[۱]، فواد عشقی[۲]، سیدمجتبی مجاوریان[۳]، طاهره رنجبر ملکشاه[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

چکیده

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، کشاورزی به‌عنوان «سنگ‌بنای درآمدزایی» شماری چشمگیر از نیروی کار را پشتیبانی می‌کند. با این همه، آسیب‌پذیری ذاتی بخش کشاورزی در برابر بلایای طبیعی تهدیدی اساسی برای کشاورزان به‌شمار می‌رود. از آنجا که بیمه سنتی با چالش‌هایی مانند مقرون‌به‌صرفه نبودن، تأخیر در پرداخت و نبود اعتماد بین ذی‌نفعان مواجه است، می‌توان با طراحی یک سامانهٔ غیرمتمرکز همتا به همتا برای بیمه محصولات کشاورزی، به چاره‌جویی برای این چالش‌ها پرداخت. از این‌رو، هدف مطالعه حاضر طراحی و ساخت قرارداد هوشمند مبتنی بر فناوری بلاک‌چین برای بیمه محصولات کشاورزی بود؛ و به‌منظور طراحی قرارداد هوشمند متناسب با نیاز بهره‌برداران بیمه محصولات کشاورزی، دیدگاه بهره‌برداران بیمه در ارتباط با

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

۲- نویسنده مسئول و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران (fesh.foad@gmail.com).

۳- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران.

۴- دانش‌آموختهٔ اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران.

DOI: 10.30490/aead.2025.367446.1673

شاخص‌های مهم قرارداد هوشمند مبتنی بر بلاک‌چین برای این‌گونه بیمه‌ها ارزیابی شد. بدن منظور، با سی کشاورز پیشرو از سراسر کشور در سال ۱۴۰۳ مصاحبه انجام گرفت و تحلیل نتایج آن با به‌کارگیری روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) صورت پذیرفت. بر این اساس، پنج معیار «بهبود فرآیند و ارتقای بیمه محصولات کشاورزی»، «تغییرناپذیری داده‌های بیمه محصولات کشاورزی»، «قابلیت شفاف‌سازی بیمه محصولات کشاورزی»، «پتانسیل پدیداری در بیمه محصولات کشاورزی» و «قابلیت ردیابی فعالیت‌های بیمه محصولات کشاورزی» و ۲۳ زیرمعیار تعیین شد. مطابق نتایج به‌دست‌آمده، زیرمعیارهای «نمایان بودن نوع محصولات بیمه‌شده و مشخص بودن نوع بیمه»، «نمایان بودن تراکنش‌ها یا فعالیت‌های انجام‌شده میان بیمه‌گران، بیمه‌گذار، کارشناسان و سایر ذی‌نفعان (بر اساس کد تخصیصی)» و «نمایان بودن بیمه‌گران، بیمه‌گذار، کارشناسان و سایر ذی‌نفعان (بر اساس کد تخصیصی)»، به‌ترتیب، با وزن‌های ۰/۳۳۸، ۰/۳۳۴ و ۰/۳۲۷، بالاترین وزن و اهمیت را داشتند. پس از تعیین شاخص‌های مهم، الگوی مفهومی قرارداد هوشمند بر بستر بلاک‌چین طراحی شد. مدل پیشنهادی پژوهش حاضر از چهار قرارداد مشتمل بر قراداد هوشمند ثبت، قرارداد هوشمند بیمه‌نامه، قرارداد هوشمند ارزیاب خسارات و قرارداد هوشمند پرداخت تشکیل شده است. همچنین، یک واسط کاربری (وبگاه) طراحی شد که از طریق آن، کاربران با شبکه بلاک‌چین و قرارداد هوشمند تعامل داشته باشند. از آنجا که قابلیت‌های قراردادهای هوشمند در بستر فناوری بلاک‌چین مورد استقبال کشاورزان مصاحبه‌شونده قرار گرفته است، انجام پیمایش‌های لازم برای ترویج و توسعهٔ قرارداد هوشمند برای بیمه محصولات کشاورزی پیشنهاد می‌شود.

کلید واژه‌ها: *طراحی قرارداد، غیرمتمرکز، همتا به همتا، بیمه کشاورزی، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP).*

طبقه‌بندی JEL : G22, O31, O33

مقدمه

کشاورزی از منابع اصلی ثروت در اقتصاد به‌شمار می‌رود و کشورهای در حال توسعه برای برون‌رفت از بحران‌های اقتصادی و به‌دلیل نقش به‌سزای این بخش در امنیت غذایی، رفاه جامعه و در نهایت، رشد اقتصاد ملی، آن را سرلوحه برنامه‌های اقتصادی خود قرار می‌دهند (Abedinpour et al., 2017). با این همه، آسیب‌پذیری ذاتی زنجیره تأمین کشاورزی در برابر بلایای طبیعی منجر به بحران‌های کشاورزی، شکست محصول و آسیب به معیشت کشاورزان می‌شود (Omar et al., 2023). امروزه، کشورهای زیادی، به‌دلیل پیامدهای ناشی از برخی هزینه‌ها و وجود عوامل غیرمترقبه همچون مخاطرات طبیعی، ناچار به استفاده از نظام پشتیبانی مالی به نام «بیمه» شده‌اند. بیمه محصولات کشاورزی ابزاری مالی برای انتقال مخاطره (ریسک) مرتبط با کشاورزی به شخص ثالث از طریق پرداخت حق بیمه است که

در اکثر کشورها، دولت‌ها برای حمایت از کشاورزان آن را ارائه می‌کنند (Yazdanmanesh, 2017)، اما چالش اصلی این است که آیا کشاورزان از مزایای آن بهره‌مند می‌شوند یا خیر (Jha et al., 2021). راه‌حل مقرون‌به‌صرفه بیمه محصولات کشاورزی برای کشاورزان به‌منظور افزایش انعطاف‌پذیری خود در برابر اثرات تغییرات آب‌وهوایی یک ضرورت است؛ اما در اکثر کشورها، تنها چند درصد از کشاورزان به بیمه کشاورزی دسترسی دارند. روش‌های سنتی و رایج بیمه محصولات کشاورزی مملو از پیچیدگی‌ها، هزینه‌های بالا و مهم‌تر از همه بی‌اعتمادی است که کشاورزان را از خرید آن منصرف می‌کند (Omar et al., 2023). به بیان دیگر، 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، کشاورزان با دانش کم در ارتباط با انواع بیمه و کارکرد هر کدام و ... مواجه است (Iyer et al., 2021). در واقع، راه‌حل‌های بیمه سنتی مقرون‌به‌صرفه نیستند و به‌دلیل سابقه تأخیر در پرداخت، هیچ اعتمادی بین بیمه‌گذار و ذی‌نفع وجود ندارد. بنابراین، نیاز اساسی برای طراحی مجدد محصولات بیمه‌ای وجود دارد. این مشکل را می‌توان با استفاده از فناوری بلاک‌چین یعنی، یک سامانهٔ غیرمتمرکز، شفاف و سریع حل کرد (Iyer et al., 2021).

پیشرفت‌های فناوری در سال‌های اخیر مانند کلان‌داده، محاسبات ابری و اینترنت اشیا (Pincheira et al., 2021) و بلاک‌چین (Peng et al., 2023) این توان (پتانسیل) را دارند که نقشی مهم در پرداختن به چالش‌های مختلف بخش کشاورزی مانند امنیت غذایی (Yadav et al., 2022)، قابلیت ردیابی (Hu et al., 2021; Musamih et al., 2021)، ذخیره‌سازی داده (Zhang et al., 2020) و پرداخت‌های الکترونیکی و بیمه ایفا کنند. در این میان، فناوری بلاک‌چین به‌عنوان یک راه حل تحول‌آفرین ظاهر شده است که می‌تواند ثبات، شفافیت و اعتماد را در چشم‌انداز بیمه ایجاد کند (Omar et al., 2023). فناوری بلاک‌چین که عنصر اساسی ارزهای رمزنگاری‌شده مانند بیت‌کوین است، یک سامانهٔ دفتر کل غیرمتمرکز و غیرقابل تغییر است که بر اساس اصول شفافیت، تغییرناپذیری و اجماع غیرمتمرکز عمل می‌کند و تراکنش‌ها و داده‌ها را به‌طور ایمن در شبکه‌ای از رایانه‌ها ثبت می‌کند. در اصل، بلاک‌چین نیاز به واسطه‌ها را از بین می‌برد و اعتماد و امنیت را در تبادل داده‌ها تضمین می‌کند. امنیت دفتر کل عمومی با مزیت‌هایی مانند مدیریت کارآمد داده و ظرفیت رسیدگی به تراکنش‌های شخص ثالث همراه است. توان واقعی بلاک‌چین هنگامی آشکار می‌شود که با قراردادهای هوشمند همراه شود (Omar et al., 2023). در واقع، با ظهور بلاک‌چین، ایده قراردادهای هوشمند عملیاتی شد و مورد توجه کسب‌وکارها قرار گرفت (luchoomun et al., 2020).

قرارداد هوشمند توافق‌نامه‌ای است که بین ارائه‌دهنده خدمت و مشتری در قالب یک توافق الکترونیکی منعقد و روی بلاک‌چین فعال می‌شود تا بدون نیاز به واسطه‌ها، به‌طور خودکار اجرا شود. قرارداد هوشمند ابزاری است که با بهره‌گیری از آن، بدون نیاز به خدمات واسطه، می‌توان پول، دارایی، سهام یا هر چیز ارزشمند دیگری را به‌صورت شفاف در بستر آن معامله کرد (Makmur et al., 2020). این قراردادها که در بستر فناوری بلاک‌چین منعقد می‌شوند، می‌توانند ابزاری سریع و مطمئن برای کاهش هزینه‌های انجام معامله، توافق میزان ارائه خدمات، افزایش سرعت انجام معامله، ایجاد توازن در قدرت چانه‌زنی دو طرف معامله و در نهایت، جلوگیری از هرگونه وقوع جرم مرتبط با معاملات باشند (Wang et al., 2020). بنابراین، با توجه به ویژگی‌های یادشده و مطابق با گزارش‌های صنعتی متعدد توسط شرکت‌های معتبر (Bolt, 2019)، می‌توان بر نقش محوری فناوری بلاک‌چین و قرارداد هوشمند مبتنی بر آن در ایجاد تغییرات بنیادی در نحوه ارائه خدمات بیمه، افزایش کارآیی و کاهش هزینه‌های بخش بیمه تاکید کرد. شبکه بلاک‌چین یک زیرساخت جدید را برای ذخیره، اعتبارسنجی و انتقال داده‌ها به شیوه‌ای مطمئن و قابل اعتماد فراهم می‌کند و با استفاده از این دفتر کل قابل اعتماد، ایمن و شفاف و نیز با قراردادهای هوشمند و سکوهای غیرمتمرکز، کارآیی، امنیت و دسترسی به بیمه محصولات کشاورزی برای کشاورزان به‌گونه‌ای چشمگیر افزایش خواهد یافت (Rahim et al., 2018; Yadav & Singh, 2020). در واقع، فناوری بلاک‌چین، با تقویت شفافیت، کاهش مخاطرات کلاهبرداری و تسریع در رسیدگی به ادعا، فرصتی بی‌نظیر را برای تغییر شکل چشم‌انداز بیمه محصولات کشاورزی فراهم کرده، تضمین می‌کند که همچنان در دسترس، کارآمد و قابل اعتماد برای همه ذی‌نفعان باشد (Omar et al., 2023).

بررسی مطالعات داخلی نشان می‌دهد که به‌کارگیری فناوری بلاک‌چین در بیمه کشاورزی مورد توجه قرار نگرفته است. در برخی از مطالعات، کاربردها و مزایای بلاک‌چین بررسی شده که از آن میان، می‌توان به مطالعه محمدی فاتح و سالارنژاد (Mohammadi Fateh & Salarnejad, 2022) اشاره کرد، که مطالعه‌ای با هدف شناسایی کاربردها، مزایا، چالش‌های فناوری بلاک‌چین و فناوری‌های مرتبط با آن بوده و در آن، نود منبع معتبر طی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۴ مرور شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که کاربردهای بلاک‌چین در ۲۶ حوزه مورد توجه قرار گرفته و همچنین، قرارداد هوشمند و مدیریت زنجیره تأمین، بهداشت و سلامت، به‌ترتیب، بیشترین فراوانی را داشته‌اند. تعدادی از مطالعات نیز فناوری بلاک‌چین را در بیمه بررسی کرده‌اند. برای نمونه، برزگر و برزگر (Barzegar & Barzegar, 2022) چالش‌های فناوری بلاک‌چین در بیمه بر پایه قراردادهای هوشمند را شناسایی کردند و به کاهش قابل توجه جرائمی همچون جعل و کلاهبرداری و تقلب در بیمه تاکید داشتند؛ سپس، نحوه پیاده‌سازی آن

در شاخه‌های مختلف بیمه و مزایای منحصربه‌فرد آن برای این صنعت را بیان کردند. هشیار و همکاران (Hoshiar et al., 2022) نیز به اعتبارسنجی مدل راهبردی ارزش‌آفرینی در صنعت بیمه‌های دریایی با تمرکز بر فناوری بلاک‌چین پرداختند. آنها اطلاعات مورد نیاز برای انجام مطالعه را از طریق مصاحبه با ۱۴۴ نفر از کارکنان دانشگاه علوم دریایی نوشهر جمع‌آوری کردند. نتایج به‌کارگیری روش معادلات ساختاری مبین آن بوده که شناخت راهبردهای ارزش‌آفرینی فناورمحور در بیمه‌های دریایی و بررسی ساختارهای راهبردی آن از اهمیت فراوان برخوردار است. ایمانی و همکاران (Imani et al., 2023)، با مرور مطالعات پیشین، به بررسی تأثیر فناوری بلاک‌چین و قرارداد هوشمند بر صنعت بیمه و انتخاب بستر بلاک‌چین پرداختند. مطابق با نتایج این مطالعه، بلاک‌چین عمومی با قابلیت اجرای قرارداد هوشمند می‌تواند برای یک سامانه بیمه عمومی مناسب باشد.

به‌کارگیری فناوری بلاک‌چین و قرارداد هوشمند در بیمه کشاورزی در مطالعات خارجی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است؛ از جمله این مطالعات می‌توان مطالعه جی‌ها و همکاران (Jha et al., 2021) را یادآور شد که در آن، به بررسی بیمه محصولات کشاورزی مبتنی بر بلاک‌چین پرداخته و یک سازوکار غیرمتمرکز بیمه محصولات کشاورزی مبتنی بر بلاک‌چین پیشنهاد و توسعه داده شد؛ در اجرای نظام بیمه نیز از مفهوم قراردادهای هوشمند استفاده شد. همچنین، آیر و همکاران (Iyer et al., 2021) یک چارچوب غیرمتمرکز بیمه محصولات همتا به همتا[1] را ارائه کردند که با تأمین منافع کشاورزان، حذف واسطه‌ها و تأمین امنیت، بر معایب فعلی غلبه می‌کند. در مطالعه‌ای دیگر، دایانا و کالپانا (Dayana & Kalpana, 2022) یک طرح کلی برای مزایای بالقوه استفاده از فناوری بلاک‌چین در بیمه محصولات غذایی را ارائه کردند و مدلی را برای پیاده‌سازی پیشنهاد دادند که می‌تواند فرآیند ادعا را خودکار کند، زمان و کار مورد نیاز برای پردازش ادعاها را کاهش دهد و فرآیند را برای کشاورزان سریع‌تر و کارآمدتر کند. علاوه بر این، مدل پیشنهادی آنها از قراردادهای هوشمند استفاده می‌کند. عمر و همکاران (Omar et al., 2023) نیز با استفاده از قراردادهای هوشمند مبتنی بر بلاک‌چین برای تسهیل بیمه به‌موقع محصول کشاورزان، یک راه حل مؤثر، کم‌هزینه و قابل اعتماد ارائه دادند.

نظر به اهمیت موضوع و توجه کم بدان به‌ویژه در مطالعات داخلی، مطالعه حاضر به پیشنهاد و توسعهٔ یک سازوکار غیرمتمرکز بیمه محصولات کشاورزی مبتنی بر فناوری بلاک‌چین پرداخته است. بدن منظور، طراحی و ساخت قرارداد هوشمند در بستر فناوری بلاک‌چین برای بیمه محصولات کشاورزی انجام شده و از آنجا که فناوری بلاک‌چین یک شبکه جامع با قابلیت‌های گسترده است،

1. Peer to Peer (P2P)

به‌منظور فراهم‌سازی بستری کارآتر از بلاک‌چین و قرارداد هوشمند مبتنی بر آن برای بهره‌برداران بیمه محصولات کشاورزی، از کشاورزان پیشرو در ارتباط با ویژگی‌های مهم قرارداد هوشمند بر بستر بلاک‌چین برای بیمه محصولات کشاورزی پرسشگری شده و سپس، طراحی قرارداد نیز متناسب با نتایج پرسشگری و نیاز بهره‌برداران، انجام گرفته است. لازم به ذکر است که بدین نکته در مطالعات دیگر توجهی نشده بود.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، ابتدا با توجه به نظر کشاورزان، شاخص‌های مهم این قرارداد برای بیمه محصولات کشاورزی ارزیابی شده است. تصمیم‌گیری را می‌توان یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی کارشناسان و تحلیل‌گران در حل مسائل مختلف دانست. شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] متداول‌ترین روش‌ها برای رسیدگی به چنین مشکلاتی به‌شمار می‌روند (Çifçi & Büyüközkan, 2011). برای تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، مدل‌های متعدد وجود دارد. در این میان، روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی[2] از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که اولین بار، توسط توماس ال. ساعتی در دهه ۱۹۷۰ معرفی شد (Manavizadeh et al., 2006). به‌طور کلی، روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) شامل سه گام اصلی است، که عبارت‌اند از ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی، مقایسهٔ دوبه‌دوی معیارهای ساختار سلسله‌مراتبی و ارزش‌دهی معیارها. اساس کار روش AHP به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، تصمیم‌گیری بر مبنای مقایسات زوجی است (Manavizadeh et al., 2006)، بدن معنی که از مقایسه دوبه‌دوی معیارها استفاده می‌کند تا به درجه‌بندی اولویت‌های مربوط به گزینه‌های مختلف برسد. بر این اساس، باید مقادیر عددی مربوط به اولویت‌بندی، و یا اهمیت نسبی یک شاخص نسبت به دیگری، توسط افراد خبره اختصاص داده شوند (Salah et al., 2019). بدین منظور، با توجه به تحقیقاتی که توسط ساعتی و وارگاس (Saaty & Vargas, 1991) صورت گرفت، دامنه مقادیر عددی ۱ تا ۹ برای مقایسهٔ معیارها پیشنهاد شد. هر کدام از این اعداد نشان‌دهندهٔ درجه اهمیت است، به‌گونه‌ای که مقدار ۱ نشان‌دهندهٔ اهمیت برابر و مقدار ۹ نشان‌دهندهٔ اهمیت بسیار زیاد یک شاخص نسبت به دیگری است (Salah et al., 2019). در واقع، این مقیاس‌ها وزن هر کدام از عوامل را در راستای گزینه‌های رقیب مشخص می‌سازد (Manavizadeh et al., 2006).

1. Multiple-Criteria Decision Making (MCDM)
2. Analytical Hierarchy Process (AHP)

همچنین، در این روش، باید اعتبار پاسخ پرسش‌شوندگان به مقایسات زوجی بررسی شود. نرخ ناسازگاری (CR) نسبت شاخص ناسازگاری (CI) بر شاخص تصادفی (RI) تعریف می‌شود که از رابطه (۱) به‌دست می‌آید (Zarghami & Szidarovszky, 2011):

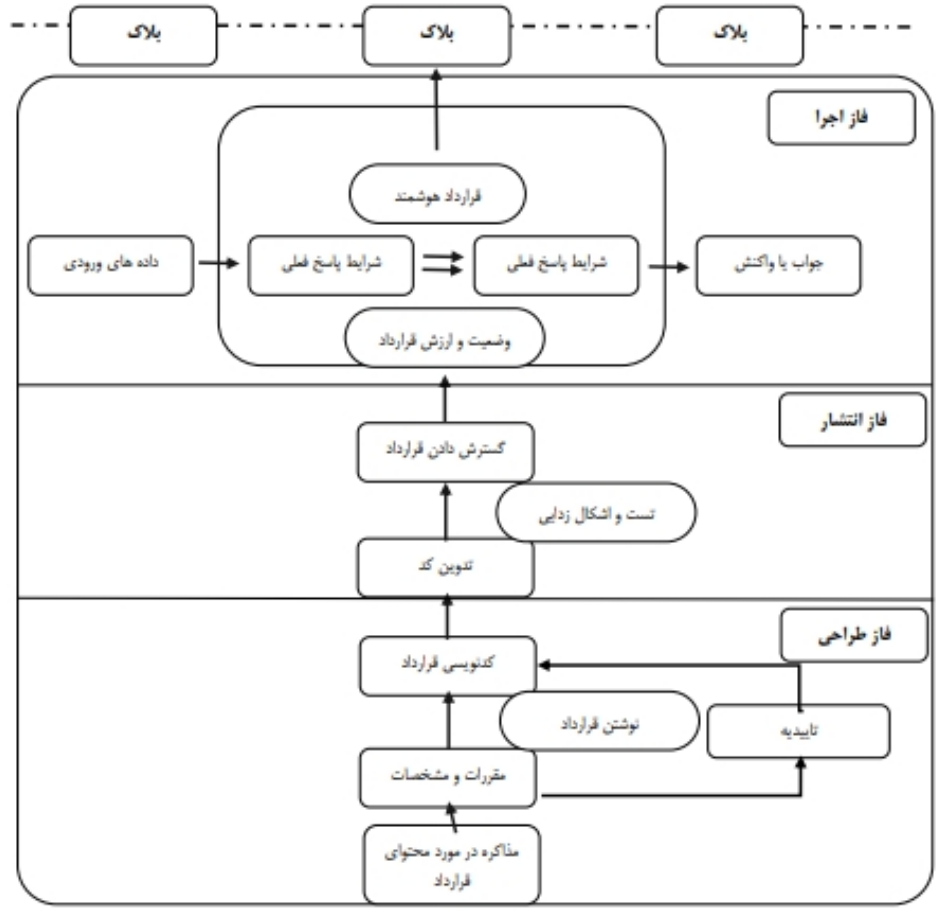
$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{(n-1)RI} \qquad (۱)$$

که در آن، λ_{max} بزرگ‌ترین مقدار ویژهٔ ماتریس مقایسات زوجی و n مرتبهٔ ماتریس را نشان می‌دهند. مقادیر شاخص تصادفی (RI) از پیش تعیین شده است.

لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر، با سی کشاورز پیشرو از سراسر کشور در سال ۱۴۰۳ مصاحبه شد. همچنین، برای محاسبه نتایج AHP از نرم‌افزار Excel استفاده شده است.

در مرحله دوم مطالعه حاضر، پس از تعیین نیاز بهره‌برداران بیمه محصولات کشاورزی، قرارداد هوشمند بر بستر فناوری بلاک‌چین برای بیمه کشاورزی ایران طراحی می‌شود. قراردادهای هوشمند، کدهای قراردادی هستند که به‌طور خودکار، قراردادهای معاملاتی را تکمیل می‌کنند. از دیدگاه برنامه‌نویسی، یک قرارداد هوشمند را می‌توان قطعه‌ای از کد برنامه رایانه‌ای شامل معاملات و الگوریتم‌های تجاری مرتبط دانست. از دیدگاه عمومی نیز قرارداد هوشمند یک توافق مرتبط است. قراردادهای هوشمند نه‌تنها در بخش تراکنش‌های مالی، بلکه در بسیاری از جنبه‌های دیگر زندگی اجتماعی مانند علوم کشاورزی و دستاوردهای فناوری، اینترنت اشیا و سایر بخش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wu et al., 2019).

قراردادهای هوشمند یک چرخه عمر دارند که سه مرحله طراحی قرارداد، انتشار قرارداد و اجرای قرارداد را شامل می‌شود. چرخه عمر یک قرارداد هوشمند در شکل (۱) نشان داده شده است.



مأخذ: لیو و همکاران (Lin et al., 2022)

شکل ۱- چرخه عمر یک قرارداد هوشمند

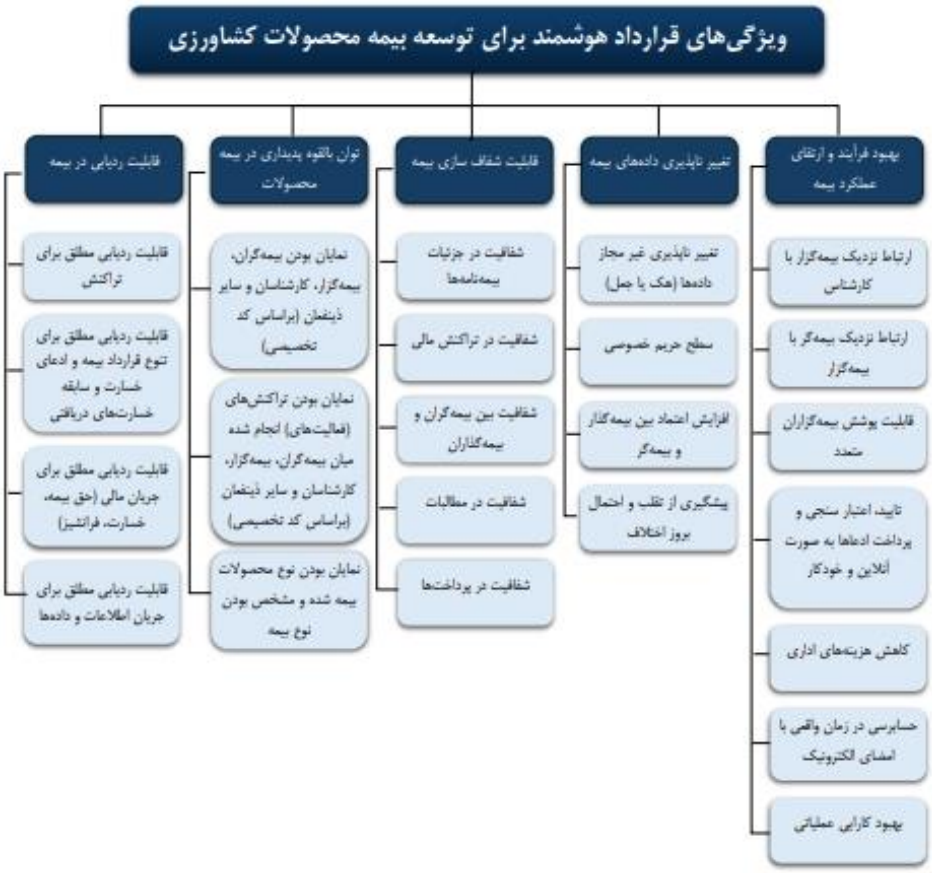
طراحی قرارداد شامل مراحل مذاکره چندطرفه قرارداد، تدوین مشخصات قرارداد، تأیید قرارداد، و دریافت کد قرارداد است. ابتدا طرفین قرارداد با یکدیگر مذاکره می‌کنند تا حقوق و تعهدات یکدیگر را روشن کنند، متن قرارداد استاندارد را تعیین کرده و آن را برنامه‌ریزی کنند و پس از تأیید، کد قرارداد استاندارد را دریافت کنند. فرآیند تولید قرارداد شامل دو پیوند مهم مشخصات قرارداد و تأیید قرارداد است که مشخصات قرارداد باید توسط کارشناسان دارای دانش مربوط به حوزهٔ مورد نظر و طرفین

قرارداد مذاکره و تدوین شود. تأیید قرارداد نیز بر روی یک ماشین مجازی بر اساس مدل انتزاعی سیستمی انجام می‌شود که مربوط به امنیت فرآیند اجرای قرارداد است و یکنواختی کد قرارداد و متن قرارداد باید تضمین شود (Wu et al., 2022). پس از طراحی قرارداد، مرحله بعدی آزادسازی قرارداد است. قراردادهای امضاشده در حالت همتا به همتا (P2P) بین نودها یا همان گره‌ها[1] توزیع می‌شود و گره قرارداد دریافتی را به‌طور موقت در حافظه ذخیره می‌کند و منتظر می‌ماند تا توافق حاصل شود. در نهایت نیز امکان اجرایی شدن قرارداد بر بستر فناوری بلاک‌چین حاصل می‌شود (Wu et al., 2022).

نتایج و بحث

همانطور که پیش‌تر اشاره شد، برای تعیین شاخص‌های مهم قرارداد هوشمند مبتنی بر بلاک‌چین برای بیمه محصولات کشاورزی، از روش AHP استفاده شد. در این روش، ابتدا باید ساختار سلسله‌مراتبی از ویژگی‌های مهم بیمه محصولات کشاورزی تعیین شود. بدین منظور، مطالعات پیشین درباره قراردادهای هوشمند و کاربرد آنها در بیمه، به‌ویژه بیمه محصولات کشاورزی، مرور شد و دو دسته شاهد کلیدی برای تعیین معیارها و زیرمعیارها مد نظر قرار گرفت: (۱) مطالعات تجربی در حوزه بیمه و کشاورزی که نشان می‌دهند امنیت داده، شفافیت، قابلیت ردیابی و بهبود فرایند از مؤلفه‌های کلیدی موفقیت در پیاده‌سازی فناوری‌های نوین بیمه‌ای‌اند؛ و (۲) شرایط نهادی و عملیاتی صندوق بیمه کشاورزی ایران که لزوم تمرکز بر محرمانگی داده‌ها، شفافیت تراکنش‌ها و تقویت اعتماد میان بیمه‌گر و بیمه‌گذار را برجسته می‌کند. در نتیجه، زیرشاخص‌ها با تلفیق پیشینه نظری بین‌المللی و نیازهای بومی انتخاب شدند تا چارچوبی معتبر برای ارزیابی کارآیی قراردادهای هوشمند در بیمه محصولات کشاورزی فراهم آید. بر این اساس، معیارهای «بهبود فرآیند و ارتقای بیمه محصولات کشاورزی»، «تغییرناپذیری داده‌های بیمه محصولات کشاورزی»، «قابلیت شفاف‌سازی بیمه محصولات کشاورزی»، «پتانسیل پدیداری در بیمه محصولات کشاورزی» و «قابلیت ردیابی فعالیت‌های بیمه محصولات کشاورزی» تعیین شدند. در شکل ۲ معیارها و زیرمعیارهای انتخاب‌شده نمایش داده شده است.

1. nodes



مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۲- شاخص‌های قرارداد هوشمند برای بیمه محصولات کشاورزی

پس از تعیین ساختار سلسله‌مراتبی، با ۳۰ کشاورز پیشرو کشور (به‌طور میانگین با ۱۰ سال سابقه) به‌طور تصادفی در سال ۱۴۰۳ مصاحبه انجام گرفت. جدول (۱) نمایه‌ی توصیفی نمونه کشاورزان مشارکت‌کننده را نشان می‌دهد: ۳۰ نفر از سه ناحیه‌ی شمالی، مرکزی و جنوبی. میانگین سنیِ وزنی حدود ۵۱ سال و سابقه‌ی فعالیت حدود ۱۷ سال است؛ بیشتر پاسخ‌گویان خُردبهره‌اند (مساحت زیرکشت عمدتاً > ۱۰ هکتار) و سابقه‌ی بیمه‌پردازی آن‌ها به‌طور میانگین نزدیک به ۱۲ سال بوده است.

جدول ۱- جدول توصیفی قرارداد هوشمند مبتنی بر بلاک‌چین برای بیمه محصولات کشاورزی

سابقه بیمه (سال)	مساحت زیرکشت (هکتار)	تحصیلات غالب	سابقه فعالیت (سال)	میانگین سن (سال)	تعداد کشاورزان	منطقه
۱۵-۱۰	۱۰>	دیپلم / فوق‌دیپلم	۱۸	۵۲	۱۰	شمالی (گیلان، مازندران، گلستان)
۱۲-۸	۱۰>	دیپلم	۱۵	۴۸	۱۲	مرکزی (تهران، اصفهان، قم، مرکزی)
۱۵-۱۲	۱۰>	ابتدایی/ راهنمایی	۲۰	۵۵	۸	جنوبی (فارس، خوزستان، بوشهر)
–	–	–	–	–	۳۰	جمع کل

مأخذ: یافته‌های پژوهش

همچنین، لازم به ذکر است که اعتبار پاسخ پرسش‌شوندگان نیز مورد بررسی قرار گرفت، به این ترتیب که نرخ ناسازگاری برای همه ماتریس‌ها کوچکتر از ۰/۱ محاسبه شد. نتایج در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- بررسی سازگاری ماتریس مقایسات زوجی

بلوک/ماتریس	تعداد معیار (n)	λ_max (میانگین)	CI (میانگین)	RI	CR (میانگین)	نتیجه سازگاری
۱	۸	۸/۰۸۲۳	۰/۰۱۱۷	۱/۴۱	۰/۰۰۸۳	سازگار
۲	۵	۵	۰	۱/۱۲	۰	سازگار
۳	۶	۶	۰	۱/۲۴	۰	سازگار
۴	۴	۴	۰	۰/۹	۰	سازگار
۵	۵	۵	۰	۱/۱۲	۰	سازگار
۶	۶	۶	۰	۱/۲۴	۰	سازگار

مأخذ: یافته‌های پژوهش

مطابق با روش AHP، پس از تکمیل پرسشنامه و مقایسه زوجی ویژگی‌ها توسط کشاورزان، وزن نسبی و وزن نهایی محاسبه شد (جدول ۳). بر اساس نتایج به‌دست آمده، معیارهای "بهبود فرآیند و ارتقای بیمه محصولات کشاورزی"، "قابلیت شفاف‌سازی بیمه محصولات کشاورزی"، "قابلیت ردیابی فعالیت‌های بیمه محصولات کشاورزی"، "تغییرناپذیری داده‌های بیمه محصولات کشاورزی" و "پتانسیل پدیداری در بیمه محصولات کشاورزی" و به‌ترتیب بالاترین وزن را داشتند.

جدول ۳- وزن نسبی و نهایی شاخص‌های قرارداد هوشمند مبتنی بر بلاک‌چین برای بیمه محصولات کشاورزی

معیار	وزن نسبی	وزن نهایی	معیار	وزن نسبی	وزن نهایی
بهبود فرآیند و ارتقای عملکرد بیمه محصولات کشاورزی	**۰/۲۰۲**		**تغییرناپذیری داده‌های بیمه محصولات کشاورزی**	**۰/۲۰**	
ارتباط نزدیک بیمه‌گذار با کارشناس	۰/۱۳	۰/۰۲۷	تغییرناپذیری غیرمجاز داده‌ها (هک یا جعل)	۰/۲۴	۰/۰۴۹
ارتباط نزدیک بیمه‌گر با بیمه‌گذار	۰/۱۳	۰/۰۲۷	حفظ حریم خصوصی	۰/۲۴	۰/۰۴۸
قابلیت پوشش بیمه‌گزاران متعدد	۰/۱۳	۰/۰۲۷	افزایش اعتماد بین بیمه‌گذار و بیمه‌گر	۰/۲۵	۰/۰۴۹
تأیید، اعتبارسنجی و پرداخت برای ادعاها به‌صورت آنلاین و خودکار	۰/۱۴	۰/۰۲۸	پیشگیری از تقلب و احتمال بروز اختلاف	۰/۲۶	۰/۰۵۲
کاهش هزینه‌های اداری	۰/۱۴	۰/۰۳	**پتانسیل پدیداری در بیمه محصولات کشاورزی**	**۰/۱۹۵**	
حسابرسی در زمان واقعی با امضای الکترونیک	۰/۱۴	۰/۰۲۹	نمایان بودن بیمه‌گران، بیمه‌گذار، کارشناسان و سایر ذی‌نفعان (بر اساس کد تخصیصی)	۰/۳۲	۰/۰۶۴
بهبود کارآیی عملیاتی	۰/۱۵	۰/۰۳	نمایان بودن نوع محصولات بیمه شده و مشخص بودن نوع بیمه	۰/۳۴	۰/۰۶۶
قابلیت شفاف‌سازی بیمه محصولات کشاورزی	**۰/۲۰۱**		نمایان بودن تراکنش‌های (فعالیت‌های) انجام شده میان بیمه‌گران، بیمه‌گذار، کارشناسان و سایر ذی‌نفعان (بر اساس کد تخصیصی)	۰/۳۳	۰/۰۶۵
شفافیت در جزئیات بیمه‌نامه‌ها	۰/۲	۰/۰۴	**قابلیت ردیابی فعالیت‌های بیمه محصولات کشاورزی**	**۰/۲۰**	
شفافیت در تراکنش‌های مالی	۰/۲	۰/۰۴	قابلیت ردیابی مطلق برای تراکنش	۰/۲۵	۰/۰۵
شفافیت بین بیمه‌گران و بیمه‌گذاران	۰/۲	۰/۰۴۱	قابلیت ردیابی مطلق برای نوع قرارداد بیمه و ادعای خسارت و سابقه خسارت‌های دریافتی	۰/۲۴	۰/۰۴۹
شفافیت در مطالبات	۰/۱۸	۰/۰۳۸	قابلیت ردیابی مطلق برای جریان مالی (حق بیمه، خسارت، فرانشیز)	۰/۲۴	۰/۰۴۹
شفافیت در پرداخت‌ها	۰/۱۹	۰/۰۴	قابلیت ردیابی مطلق برای جریان اطلاعات و داد	۰/۲۵	۰/۰۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، زیرمعیارهای «نمایان بودن نوع محصولات بیمه‌شده و مشخص بودن نوع بیمه»، «نمایان بودن تراکنش‌های (فعالیت‌های) انجام‌شده میان بیمه‌گران، بیمه‌گذار، کارشناسان و سایر ذی‌نفعان (بر اساس کد تخصیصی)» و «نمایان بودن بیمه‌گران، بیمه‌گذار، کارشناسان و سایر ذی‌نفعان (بر اساس کد تخصیصی)»، به‌ترتیب، با وزن‌های ۰/۳۳۸، ۰/۳۳۴ و ۰/۳۲۷ بالاترین وزن و اهمیت را داشتند. از آنجا که بیمه محصولات کشاورزی مبتنی بر فناوری بلاک‌چین یک سازوکار قابل اعتماد برای مدیریت هویت بیمه‌گذاران، بیمه‌گران و سایر ذی‌نفعان فراهم می‌کند و دسترسی به زمان، مکان و سایر داده‌ها را در هر اقدامی در مورد نوع بیمه و نوع محصولات بیمه‌شده را امکان‌پذیر می‌سازد (Amponsah et al., 2021)، نتیجه به‌دست‌آمده منطقی به ظر می‌رسد.

همچنین، زیرمعیارهای «پیشگیری از تقلب و احتمال بروز اختلاف» و «قابلیت ردیابی مطلق برای تراکنش»، به‌ترتیب، با وزن‌های ۰/۲۶۲ و ۰/۲۵۱ در رده‌های بعدی قرار گرفتند. فناوری بلاک‌چین برای اطمینان از امنیت داده‌ها و هویت فردی از رمزنگاری نامتقارن و الگوریتم‌های امضای دیجیتال استفاده می‌کند (Zhang et al., 2020)، بدین صورت که بعد از تأیید و ذخیره یک بلوک با مجموعه‌ای از معاملات توسط اجماع، داده‌های ذخیره‌شده، دیگر نمی‌توانند اصلاح شوند. از این‌رو، فناوری بلاک‌چین بستری برای سازگاری داده‌های ایمن، تغییرناپذیری داده‌ها، سطح حریم خصوصی و افزایش اعتماد بین‌سازمانی فراهم می‌کند (Zhang et al., 2020).

در ادامه، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مرحله قبل، یک قرارداد هوشمند مبتنی بر فناوری بلاک‌چین برای محافظت از فعالان بخش کشاورزی در برابر آسیب‌های درآمدی، عملکردی و قیمتی و در عین حال، تقویت ارتباطات ایمن، شفاف و قابل اعتماد بین ذی‌نفعان طراحی شد. سپس، کدهای نوشته‌شده و پوسته طراحی‌شده ارائه خواهد شد.

به‌طورکلی، می‌توان اجزای بیمه کشاورزی مبتنی بر فناوری بلاک‌چین را به‌شرح زیر بیان کرد:

۱) بیمه‌گذار: نهادی هستند که در مقابل خسارت محصول بیمه می‌شوند. آنها اطلاعاتی در مورد محصولات زراعی، عملیات کشاورزی ارائه می‌دهند و در مورد نوع بیمه خود تصمیم می‌گیرند.

۲) شرکت بیمه: شرکت بیمه به کشاورزان بیمه‌نامه ارائه می‌کند و در صورت از بین رفتن یا خسارت محصول، مسئولیت پرداخت خسارت را بر عهده دارد. در حال حاضر، صندوق بیمه محصولات کشاورزی این مسئولیت را به عهده دارد.

۳) ارزیابان خسارت: اشخاص حقیقی یا حقوقی مستقلی که به خسارات و ادعاهای بیمه‌گذاران به درخواست بیمه‌گران رسیدگی می‌کنند و طبق شرایط بیمه‌نامه و تعهدات بیمه‌گر، مقدار خسارت وارده را ارزیابی و تعدیل می‌کنند.

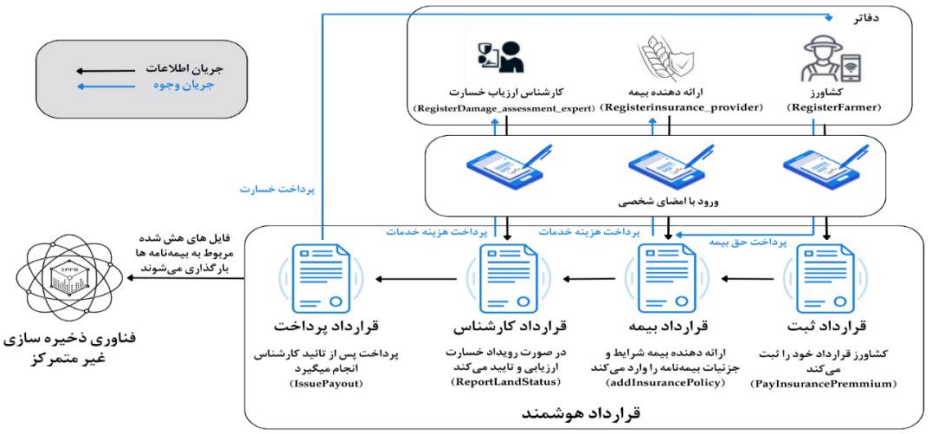
۴) قرارداد هوشمند: قراردادهای هوشمند کدهای قراردادی خوداجرا هستند که در بلاک‌چین ذخیره می‌شوند. آنها به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی می‌شوند که در صورت از دست دادن یا آسیب دیدن محصول، فرآیندهای ادعا و پرداخت را به‌طور خودکار آغاز کنند. این کد زمانی اجرا می‌شود که شرایط دقیق توافق‌شده بین بیمه‌گذار و شرکت بیمه تأمین شود.

۵) پایگاه داده غیرمتمرکز: در پایگاه داده غیرمتمرکز، اطلاعات مربوط به محصول، نهادهای درگیر در بیمه کشاورزی، بیمه‌نامه‌ها و مطالبات در بلاک‌چین ذخیره می‌شود. این اطلاعات شفاف و امن است و تمامی نهادهای درگیر در فرآیند بیمه به‌راحتی بدان دسترسی دارند.

۶) شبکه پرداخت: برای انتقال امن وجوه بین کشاورز و شرکت بیمه استفاده می‌شود.

۷) حسابرسی و انطباق: این مؤلفه مسئول بررسی این موضوع است که آیا تمام تراکنش‌های روی بلاک‌چین با شرایط و ضوابط خود اجرا می‌شوند و سیستم امن باقی می‌ماند یا خیر.

پس از شناسایی ذی‌نفعان و اجزای کلیدی، سیستم پیشنهادی طراحی شد که در شکل ۳، نمای کلی آن قابل مشاهده است.



شکل ۳- نمای کلی از مدل پیشنهادی در یک سیستم ذخیره‌سازی غیرمتمرکز

سپس، این سیستم به‌صورت مجموعه‌ای از توابع و رویدادها ایجاد شد. نحوه تعامل هر ذی‌نفع در شبکه نیز در شکل ۳ نمایش داده شده است.

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، ابتدا کشاورز، ارائه‌دهنده بیمه محصول و کارشناس ارزیاب خسارت با فراخوانی توابع registerFarmer، registerInsurance_provider و registerDamage_assessment_expert در شبکه ثبت می‌شوند (قرارداد ثبت‌نام). سپس، این سیستم به ارائه‌دهنده بیمه اجازه می‌دهد تا با تابع addInsurancePolicy به قرارداد بیمه‌نامه دسترسی داشته باشد تا جزئیات لازم بیمه‌نامه مانند حق بیمه، مبلغ پرداختی، دوره بیمه و نوع بیمه را اضافه کند. بدین ترتیب، یک رویداد راه‌اندازی می‌شود و به همه ذی‌نفعان اطلاع می‌دهد که یک بیمه‌نامه جدید اضافه شده است. علاوه بر این، ارائه‌دهنده بیمه اسناد هش[1]شده قرارداد بیمه را نیز با جزئیات شرایط و ضوابط مانند نوع محصول، دوره برداشت بیمه‌شده و ... بارگذاری می‌کند. کشاورزان ثبت‌نام‌شده از اطلاعات ثبت‌شده برای مطالعه و تجزیه‌وتحلیل گزینه‌های پوشش بیمه موجود استفاده می‌کنند تا گزینه مورد نظر خود را انتخاب کنند. هنگامی که کشاورز بیمه‌نامه مورد نظر را پیدا کرد، تابع payInsurancePremium فراخوانی می‌شود که در آن، کشاورز گزینه مورد نظر را انتخاب و مبلغ حق بیمه مندرج در بیمه‌نامه را پرداخت می‌کند. این امر یک رویداد را برای سهامداران ایجاد می‌کند و به آنها اطلاع می‌دهد که کشاورز با آدرس کیف پول[2] خاص با شرایط بیمه‌نامه اعلام‌شده توسط ارائه‌دهنده بیمه موافقت کرده است. در زمان ایجاد خسارت، به تشخیص کشاورز، درخواست خسارت ثبت می‌شود. کارشناسان ارزیاب خسارت در صورت ایجاد خسارت، تابع reportlandstatus را اجرا می‌کنند. بنابراین، همه ذی‌نفعان می‌توانند داده‌های مربوط به ارزیابی کارشناس را در زمان واقعی مشاهده کنند. اگر کارشناس خسارت واردشده را تأیید کند، ارائه‌دهنده بیمه تابع issuePayout را فراخوانی می‌کند تا مبلغ پرداختی را به کشاورز صاحب حق منتقل کند. بدین ترتیب، تضمین می‌شود که پرداخت‌ها به‌صورت منصفانه و به‌موقع انجام می‌شود. بر این اساس، در مدل پیشنهادی، چهار نوع مختلف قرارداد هوشمند وجود دارد: قرارداد هوشمند ثبت، قرارداد هوشمند بیمه‌نامه، قرارداد هوشمند ارزیاب خسارات و قرارداد هوشمند پرداخت. هدف از هر قرارداد هوشمند به‌شرح زیر است:

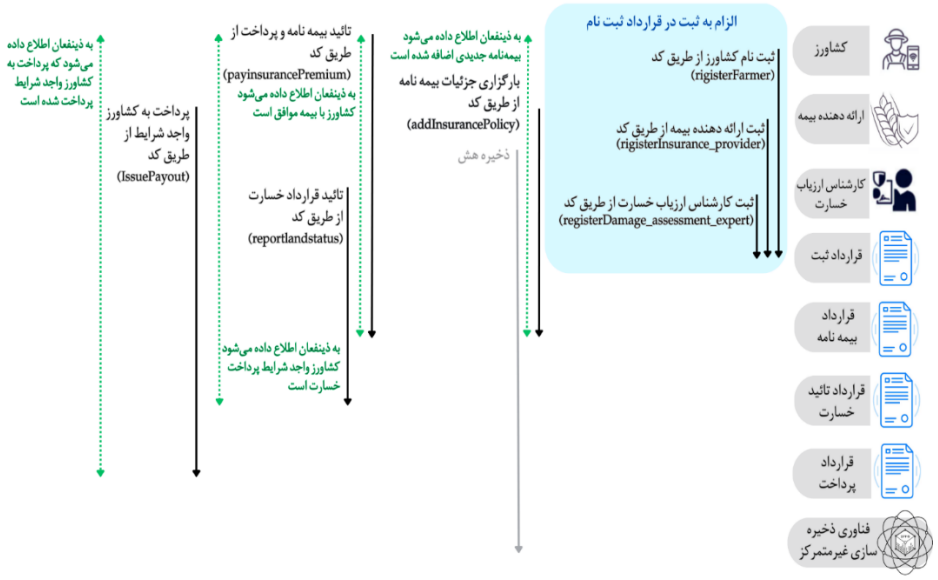
• ثبت قرارداد هوشمند: این قرارداد هوشمند توسط صاحب سیستم مستقر می‌شود. قرارداد یک بار اجرا می‌شود و برای ذخیره تمام آدرس‌های ذی‌نفعان استفاده می‌شود. هر ذی‌نفع در سیستم با استفاده از آدرس کیف پول که شناسه بیست بایتی است، شناسایی می‌شود. بنابراین، از آن برای ثبت آدرس کیف پول کشاورزان، ارائه‌دهندگان بیمه، و کارشناسان ارزیاب استفاده می‌شود. علاوه بر این، توسط سایر

1. Hash
2. wallet address

قراردادهای هوشمند برای تأیید هویت سهامداران ثبت‌شده در شبکه از طریق استفاده از آدرس کیف پول آنها استفاده می‌شود.

• قرارداد هوشمند بیمه‌نامه: ارائه‌دهنده بیمه، بیمه‌نامه‌ها را در این قرارداد بارگذاری می‌کند. هر بیمه‌نامه توسط آدرس کیف پول خود شناسایی می‌شود و حاوی جزئیاتی مانند شماره بیمه‌نامه، حق بیمه، دوره بیمه، مبلغ پرداختی، نوع بیمه، فایل هش‌شده شرایط و ضوابط بیمه و ... است.

• قرارداد هوشمند پرداخت: این قرارداد برای پرداخت به کشاورزان دارای حق اختصاص داده شده است. این کار از طریق مقایسه سطح شاخص شناسایی‌شده با سطح شاخص مندرج در بیمه‌نامه انجام می‌شود. اگر سطح شاخص بالاتر از مقدار اعلام‌شده در بیمه باشد، ارائه‌دهنده بیمه ثبت‌شده به‌طور خودکار مبلغ پرداختی را به حساب کشاورز ذی‌صلاح واریز می‌کند.



شکل ۴- نحوه تعامل هر ذی‌نفع در شبکه به‌صورت مجموعه‌ای از توابع و رویدادها

به‌منظور توضیح نحوه عملکرد کد قرارداد هوشمند، شبه‌کدهای این چهار قرارداد هوشمند به‌صورت الگوریتم نمایش داده شده است. الگوریتم ۱ نحوه انجام فرآیند ثبت‌نام را نشان می‌دهد. ابتدا قرارداد توسط مالک مستقر می‌شود و ذی‌نفعان مورد نیاز مانند کشاورزان، ارائه‌دهندگان بیمه و ارزیابان خسارت را به‌عنوان آرایه‌های جداگانه در شبکه ثبت می‌کند. سپس، هر زمان که یک ذی‌نفع جدید در شبکه ثبت شود، همه اعضای شبکه با راه‌اندازی یک رویداد مطلع می‌شوند.

الگوریتم ۱ - ثبت سهامداران در شبکه کار

Input: شناسه کیف پول کشاورز، شناسه کیف پول ارائه‌دهنده بیمه، شناسه کیف پول کارشناس ارزیاب خسارت
۱ اصلاح‌کننده: فقط بیمه‌گذار
۲ بیمه‌گذار، بیمه‌گر کارشناس را در قرارداد ثبت نام ثبت می‌کند
۳ انتشار تاییدشده قرارداد در شبکه
if ذی‌نفع جدید ثبت شده باشد
۵ شناسه ذی‌نفع جدید به آرایه ذی‌نفعان مربوط اضافه شود
else
۷ همچنین، به بیمه‌گذار اطلاع داده شود که شناسه معتبر در حال حاضر در حال استفاده است
End

الگوریتم ۲ نشان می‌دهد که چگونه ارائه‌دهنده بیمه یک بیمه‌نامه جدید را در قرارداد آغاز می‌کند. با فرض اینکه همه ذی‌نفعان با موفقیت در قرارداد هوشمند ثبت‌نام ثبت شده‌اند، ارائه‌دهنده بیمه قرارداد هوشمند بیمه‌نامه را مستقر کرده و جزئیات لازم مربوط به بیمه‌نامه را بارگذاری می‌کند. این قرارداد فقط توسط ارائه‌دهنده بیمه که قرارداد را مستقر کرده، قابل تغییر است. همچنین، این خط‌مشی جدید به‌عنوان یک رویداد ارسال می‌شود تا به ذی‌نفعان اطلاع دهد که یک خط‌مشی جدید اضافه شده است. سپس، کشاورز ثبت‌نام‌شده بیمه‌نامه بارگذاری‌شده را مطالعه می‌کند و تصمیم می‌گیرد که آیا با شرایط و ضوابط بیمه‌نامه پیشنهادی موافق است یا خیر. اگر کشاورز با امضای قرارداد موافقت کند، مبلغ حق بیمه را پرداخت می‌کند. کشاورزانی که بیمه شده‌اند، در صورت خسارت، مبلغ تعیین‌شده را به‌عنوان جبران خسارت زیان محصول خود در طول دوره بیمه مورد توافق دریافت می‌کنند. به‌منظور اجرای پرداخت‌ها، ارائه‌دهندگان بیمه از ارزیابان خسارت کمک می‌گیرند.

الگوریتم ۲ - تنظیم قرارداد بیمه‌نامه

Input: شماره بیمه‌نامه، حق بیمه، مدت بیمه، مبلغ پرداختی، سطح شاخص
۱ اصلاح‌کننده: فقط بیمه‌گر
۲ بیمه‌گر قرارداد بیمه‌نامه را بارگذاری می‌کند
۳ بیمه‌گر جزئیات بیمه را بارگذاری می‌کند
۴ انتشار بیمه‌نامه جدید از طریق شبکه
۵ اصلاح‌کننده: فقط بیمه‌گزار
if بیمه‌گزار با قرارداد بارگذاری‌شده موافقت کند
۷ بیمه‌گزار حق بیمه را به بیمه‌گر انتقال می‌دهد
End

الگوریتم ۳ ارتباط بین این سهامداران و قراردادهای هوشمند را نشان می‌دهد. ارزیاب خسارت سطح شاخص به‌روزشده در قرارداد هوشمند را در طول دوره بیمه مشخص‌شده در قرارداد بیمه‌نامه گزارش می‌کند. سپس، از این پارامتر در مقایسه با سطح شاخص در قرارداد بیمه‌نامه استفاده می‌شود تا تصمیم‌گیری شود که آیا مبلغ پرداختی باید به کشاورز واجد شرایط منتقل شود یا خیر.

الگوریتم ۳ - صدور پرداخت

Input: شناسه بیمه‌گر، شناسه کارشناس، شناسه بیمه‌گزار
۱ اصلاح‌کننده: فقط کارشناس
۲ کارشناس تأیید می‌کند
if اگر زمان فعلی <= دوره بیمه در قرارداد بیمه‌نامه پس از آن
۴ درصد خسارت را وارد شود
۵ به همه ذی‌نفعان رویداد جدید اطلاع داده شود
end
۷ اصلاح‌کننده: فقط بیمه‌گر
۸ بیمه‌گر قرارداد پرداخت خسارت را اجرا می‌کند
۹ اگر سطح خسارت جدید >= سطح خسارت در قرارداد بیمه‌نامه پس از آن
۱۰ مبلغ پرداختی را به کشاورز ثبت‌نام‌شده واریز شود
else
۱۲ بازگشت تراکنش
End

قرارداد هوشمند بیمه مبتنی بر بلاک‌چین با زبان برنامه‌نویسی سولیدیتی (Solidity) نوشته شده است. این زبان یک قطعه کد است که بر روی بلاک‌چین اجرا می‌شود و به‌طور خودکار، فرآیندهای بیمه را مدیریت می‌کند. در واقع، سولیدیتی یک زبان برنامه‌نویسی خاص برای نوشتن قراردادهای هوشمند است که به توسعه‌دهندگان این امکان را می‌دهد تا قوانین و شرایط قرارداد بیمه را به‌طور دقیق در قالب کد پیاده‌سازی کنند. شبکه بلاک‌چینی که بستر قرارداد هوشمند پیشنهاد شده است، از یک زیرساخت مبتنی بر سرورهای توزیع‌شده و خوشه‌ها یا کلاسترهای چندگرهی[1] تشکیل شده است. کلاستر به مجموعه‌ای از چندین سرور یا رایانه مستقل گفته می‌شود که به‌طور هماهنگ و به‌عنوان یک واحد کار می‌کنند. در واقع، این شبکه شامل مجموعه‌ای از نودها (گره‌ها) است که وظیفه پردازش

1. multi-node clusters

و تأیید تراکنش‌ها و اجرای قراردادهای هوشمند را بر عهده دارند. این نودها به‌عنوان بک‌اند[1] عمل کرده و تراکنش‌ها را در بلاک‌چین ثبت می‌کنند. قراردادهای هوشمند طراحی‌شده، بر روی این نودها قرار گرفته و از طریق سازوکارهای اجماع[2] (مانند proof of work یا proof of stake) اجرا خواهند شد.

برای اجرای پیش‌نمایش یا دمو و آزمون قرارداد هوشمند بیمه محصولات کشاورزی مبتنی بر EVM، دو مسیر اصلی مد نظر قرار گرفت: استفاده از محیط مرورگری Remix و بهره‌گیری از Hardhat بر بستر Node 18+؛ در هر دو رویکرد، امضای تراکنش‌ها از طریق کیف پول MetaMask انجام می‌شود. برای دموی عمومی، شبکه آزمایشی Ethereum Sepolia به‌کار گرفته می‌شود و در صورت استقرار، امکان ثبت اختیاری آدرس قرارداد در گزارش وجود دارد؛ در سناریوهای نهادی، شبکه خصوصی/ مجوزدار EVM با اجماع داخلی، نظیر IBFT 2.0 بر روی Hyperledger Besu یا Quorum به‌دلیل کنترل هویت نودها، پیش‌بینی‌پذیری هزینه گس و الزامات محرمانگی ترجیح داده می‌شود. در مسیر مبتنی بر Remix، کد قرارداد در محیط بارگذاری شده و با نسخه0.8.x نوشته یا به‌اصطلاح کامپایل می‌شود؛ سپس، گزینه Injected Provider برای اتصال به MetaMask روی Sepolia یا شبکه خصوصی انتخاب و قرارداد مستقر می‌شود؛ پس از استقرار، ابتدا تابع registerPolicy(...) با پارامترهای بیمه‌نامه فراخوانی و سپس، payPremium(...) با مقدار value مناسب ارسال می‌شود و رویدادها (Events) و وضعیت متغیرهای حالت (state) برای راستی‌آزمایی ثبت صحیح مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ برای پوشش کارمزد گس روی Sepolia، دریافت اتر آزمایشی از faucet ضروری است. در جریان مبتنی بر Hardhat، پروژه مقداردهی اولیه شده و شبکه‌ها در فایل پیکربندی تعریف می‌شوند، کلیدهای خصوصی و آدرس‌های RPC از طریق متغیرهای محیطی مدیریت می‌شوند، فرایند کامپایل با npx hardhat compile انجام و اسکریپت استقرار برای هر شبکه اجرا می‌شود؛ آدرس قرارداد، هش تراکنش‌ها و ABI در پرونده‌های نسخه‌پذیر ذخیره شده و آزمون‌های تعاملی/ واحد به‌نحوی طراحی می‌شوند که registerPolicy(...) و payPremium(...) را اجرا کرده، وقوع رویدادها را مشاهده و مقادیر خواندنی (view) همچون وضعیت بیمه‌نامه و مانده حق بیمه را اعتبارسنجی کنند. الگوی ذخیره‌سازی خارج از زنجیره نیز بدین‌صورت تعریف می‌شود که تنها مقدار ارجاعی offchainRef به شکل bytes32 (هش/ کلید) در قرارداد نگهداری شده و محتوای واقعی در IPFS برای داده‌های غیرحساس یا در پایگاه داده سازمانی برای داده‌های حساس ذخیره می‌شود؛

1. backend
2. consensus mechanisms

گردش کار پیشنهادی شامل بارگذاری محتوا در مخزن بیرونی، تولید خلاصه رمزنگارانه (مثلاً keccak256) از محتوا یا شناسه آن و ثبت نتیجه در offchainRef است تا هنگام بازیابی/ ممیزی، تمامیت داده از طریق تطبیق هش تأیید شود؛ در صورت حساس بودن محتوا، رمزنگاری در سمت کاربر یا کلاینت/ سازمان و مدیریت امن کلیدها الزامی بوده و روی زنجیره صرفاً هش مرجع نگهداری می‌شود. در همه مراحل، رعایت سازگاری نسخه‌ها (Solidity 0.8.x) و به‌روز بودن MetaMask، تنظیم دقیق Chain ID و پارامترهای گس، استفاده از رویدادها به‌عنوان لاگ ممیزی و مستندسازی کامل استقرارها، شفافیت، ردیابی و قابلیت بازتولید فرآیند را تضمین می‌کند.

همچنین، در معماری ارائه‌شده، سازوکار اجماع از پروتکل داخلی لجر تبعیت می‌کند و مستقل از داده‌های بیرونی عمل می‌کند. در سناریوی لجر خصوصی مبتنی بر EVM، الگوریتم IBFT 2.0/PoA متناسب با پیکربندی شبکه سازمانی مورد استفاده قرار گرفته است و به همین دلیل، لایه قرارداد هوشمند نیازی به پیاده‌سازی مجدد اجماع ندارد. در این نسخه از سامانه، اوراکل آب‌وهوا به‌کار گرفته نشده است؛ با این حال، قابلیت اتصال ماژولار و قابل ممیزی برای دریافت داده‌های بیرونی در آینده پیش‌بینی شده است. به‌منظور حفظ محرمانگی اطلاعات، تنها کلید هش در زنجیره ذخیره می‌شود و داده‌های اصلی در یک مخزن برون‌زنجیره نگهداری می‌شود.

بخشی از کدهای بک‌اند که با زبان سولیدیتی نوشته شده، در ادامه ارائه شده است.

CropIndexInsurance.sol

D: > uni > thesis > Project solidity smart contract > CropIndexInsurance.sol

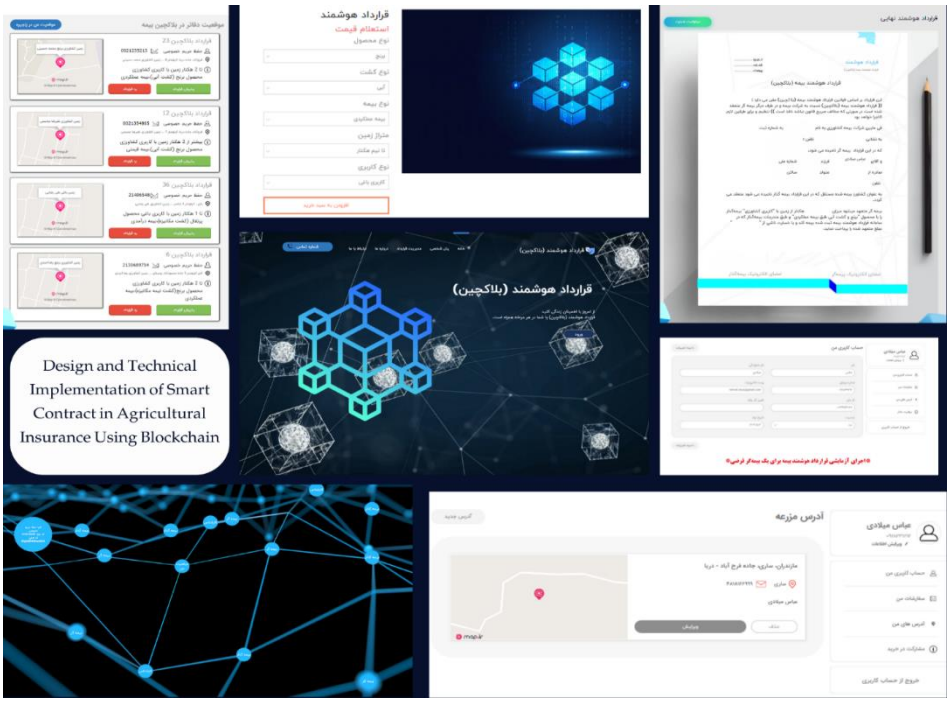
```
pragma solidity =0.4.25;

contract Registration {


    address private owner;
    mapping(address=>bool) public farmer;
    mapping(address=>bool) public insurance_provider;
    mapping(address=>bool) public damage_assessment_expert;

    event FarmerRegistered(address farmer);
    event Insurance_providerRegistered(address insurance_provider);
    event damage_assessment_expertRegistered(address damage_assessment_expert);
```

```
<section>
  <button id="btnConnect">اتصال کیفپول</button>
  <div id="acct"></div>
</section>

<section>
  <h3>ثبت بیمه‌نامه</h3>
  <label>محصول</label><input id="crop" placeholder="برنج">
  <label>مساحت (هکتار)</label><input id="area" type="number" min="0" step="0.01">
  <label>ارجاع خارج‌اززنجیره (هش/کلید)</label><input id="ref">
  <button id="btnRegister">ثبت</button>
  <div id="regOut"></div>
</section>

<section>
  <h3>پرداخت حق‌بیمه</h3>
  <label>شناسه بیمه‌نامه</label><input id="pid" type="number" min="1">
  <label>مبلغ (ETH)</label><input id="amt" type="number" step="0.001">
  <button id="btnPay">پرداخت</button>
  <div id="payOut"></div>
</section>

<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/ethers@6.13.2/dist/ethers.min.js"></script>
<script>
const CONTRACT_ADDRESS = "0xYourContract"; // جایگزین
const ABI = [
  {"type":"function","name":"registerPolicy","stateMutability":"nonpayable","inputs":[{"name":"crop","type":"string"},{"name":"area","type":"uint256"},{"name":"offchainRe
  {"type":"function","name":"payPremium","stateMutability":"payable","inputs":[{"name":"pid","type":"uint256"}],"outputs":[]}
];

let provider, signer, contract;

async function connect() {
  if(!window.ethereum){ alert("MetaMask نصب نیست"); return; }
  provider = new ethers.BrowserProvider(window.ethereum);
  await provider.send("eth_requestAccounts", []);
```

```
document.getElementById('btnRegister').onclick = async () => {
  if(!contract) return alert("اول اتصال کیفپول");
  const crop = document.getElementById('crop').value;
  const area = BigInt(Math.floor(parseFloat(document.getElementById('area').value)*100)) ; // نمونه تبدیل ساده
  const ref = document.getElementById('ref').value;
  const bytesRef = ethers.id(ref); // هش ساده برای دمو
  const tx = await contract.registerPolicy(crop, area, bytesRef);
  const rec = await tx.wait();
  document.getElementById('regOut').textContent = "ثبت شد. Tx: "+ tx.hash;
};

document.getElementById('btnPay').onclick = async () => {
  if(!contract) return alert("اول اتصال کیفپول");
  const pid = BigInt(document.getElementById('pid').value);
  const eth = document.getElementById('amt').value;
  const val = ethers.parseEther(eth);
  const tx = await contract.payPremium(pid, { value: val });
  await tx.wait();
  document.getElementById('payOut').textContent = "پرداخت شد. Tx: "+ tx.hash;
};
</script>
</body>
</html>
```

همچنین، در مطالعه حاضر، در قسمت فرانت‌اند[1]، یک واسط کاربری یا پوسته (سایت) طراحی شده که به کاربران اجازه می‌دهد که با بلاک‌چین و قراردادهای هوشمند تعامل داشته باشند. این واسط کاربری از طریق رابط‌های برنامه‌نویسی کاربردی[2] (API) ویژه که به نودهای بلاک‌چین متصل هستند، با بک‌اند ارتباط برقرار می‌کند. API مجموعه‌ای از قوانین و پروتکل‌هاست که به نرم‌افزارها اجازه می‌دهد با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. به بیان ساده‌تر، API به‌عنوان یک واسط عمل می‌کند که به برنامه‌های مختلف امکان می‌دهد با یکدیگر داده‌ها و عملکردها را به اشتراک بگذارند، بدون اینکه لازم باشد جزئیات پیاده‌سازی داخلی یکدیگر را بدانند. در این فرآیند، درخواست‌های کاربران به نودهای مربوط ارسال شده، قرارداد هوشمند اجرا می‌شود و نتیجه نهایی (مثلاً تأیید یا رد درخواست n بیمه) به کاربر برگردانده می‌شود. به‌دلیل نیاز به تعاملات پیچیده و امنیت بالا، معماری‌های پیشرفته مانند microservices و containerization (مثل Docker) در این سیستم‌ها به‌کار می‌رود تا توسعه، مقیاس‌پذیری، و مدیریت آسان‌تر شوند. در ساخت و ارتقای عملکرد مدل پیشنهادی از Docker استفاده شده است. در شکل ۵ بخش‌های مختلف این سایت نشان داده شده است.

1. frontend
2. Application Programming Interface (API)



شکل ۵- نمای کلی از بخش‌های مختلف سایت ارائه بیمه مبتنی بر قرارداد هوشمند

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه حاضر، سعی شد تا یک سازوکار غیرمتمرکز بیمه محصولات کشاورزی مبتنی بر فناوری بلاک‌چین پیشنهاد و توسعه داده شود. بدن منظور، طراحی قرارداد هوشمند در بستر فناوری بلاک‌چین انجام گرفت. سیستم فعلی ارائه‌شده در پژوهش یک نمونه اولیه از یک سیستم بیمه غیرمتمرکز است. از طریق این سیستم، مداخله شخص ثالث با استفاده از بلاک‌چین حذف می‌شود. قراردادهای هوشمند امکان اتوماسیون وظایف را فراهم می‌کنند که کل فرآیند بیمه را تسریع می‌دهد. اعتماد در محیطی بدون اعتماد ترویج داده می‌شود. به بیان دیگر، حتی در غیاب اعتماد مستقیم بین طرفین (مانند بیمه‌گذار و بیمه‌شونده)، سیستم بلاک‌چین و قراردادهای هوشمند مبتنی بر آن به‌گونه‌ای عمل می‌کنند که طرفین بتوانند به فرآیند، اطمینان کامل داشته باشند.

اهداف اصلی راه‌حل پیشنهادی شامل کاهش چرخه خسارت، به حداقل رساندن هزینه‌های معامله، و تقویت شفافیت و اعتماد بین کشاورزان و بیمه‌گران بوده است. همچنین، تطبیق‌پذیری معماری

سیستم طراحی‌شده امکان سفارشی‌سازی یکپارچه را برای تطبیق با بیمه‌نامه‌های مختلف شاخص محصول فراهم می‌کند و مدل ارائه‌شده می‌تواند در پوشش مخاطرات یا همان ریسک‌های بیشتر به‌عنوان بخشی از بیمه‌ها زیر پوشش یک طرح غیرمتمرکز مؤثر باشد. طراحی قراردادهای هوشمند مبتنی بر فناوری بلاک‌چین تضمین می‌کند که تنها ذی‌نفعان ثبت‌شده می‌توانند تعامل داشته باشند که امنیت و اعتماد را در زیست‌بوم تقویت می‌کند.

در مرحله ابتدایی مطالعه حاضر، اولویت و نیاز بهره‌برداران بیمه محصولات کشاورزی در ارتباط با ویژگی‌های قرارداد هوشمند شناسایی شد و سپس، قرارداد هوشمند متناسب با دیدگاه بهره‌برداران طراحی شد. در واقع، ترجیحات کشاورزان برای طراحی قرارداد هوشمند در بیمه کشاورزی بررسی شد. این کار به‌کمک روش AHP انجام گرفت. بدین منظور، ویژگی‌های مهم بیمه محصولات کشاورزی شناسایی و سپس، توسط نمونه آماری یادشده امتیازدهی و مقایسه شدند. بر این اساس، معیارهای «بهبود فرآیند و ارتقای بیمه محصولات کشاورزی»، «تغییرناپذیری داده‌های بیمه محصولات کشاورزی»، «قابلیت شفاف‌سازی بیمه محصولات کشاورزی»، «پتانسیل پدیداری در بیمه محصولات کشاورزی» و «قابلیت ردیابی فعالیت‌های بیمه محصولات کشاورزی» انتخاب و برای هر کدام زیرمعیارهایی تعریف شد. از نظر کشاورزان، معیارهای اصلی «بهبود فرآیند و ارتقای بیمه محصولات کشاورزی» و «قابلیت شفاف‌سازی بیمه محصولات کشاورزی» بالاترین اهمیت را داشتند. همچنین، بر اساس دیدگاه آنها، زیرمعیارهای مربوط به معیار پدیداری (نمایان بودن بیمه‌گر و ...)، تغییرناپذیری و قابلیت ردیابی از مهم‌ترین زیرمعیارها بودند. معیار پیشگیری از تقلب در مطالعات جی‌ها و همکاران (Jha et al., 2021) و دایانا و کالپانا (Dayana & Kalpana, 2022) از اصلی‌ترین ویژگی‌های قرارداد هوشمند مبتنی بر بلاک‌چین نام برده شده است.

افزون بر این، نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که بیمهٔ مبتنی بر بلاک‌چین، هم در اجرا با چالش‌های فراوان مواجه است (از جمله نبود پروتکل‌های استاندارد، نبود قوانین و مقررات مشخص در مورد استفاده از بلاک‌چین) و هم پیمایش نتایج کشاورزان مبین آن است که اجرای قرارداد هوشمند بیمه محصولات کشاورزی می‌تواند به بهبود نسبی فرآیندهای بیمه بینجامد.

لازم به ذکر است که برای توسعه فناوری بلاک‌چین، باید زیرساخت‌ها، سواد دیجیتال، اتصال و سایر ملاک‌ها بهبود یابد. همچنین، راه‌اندازی و نگهداری بلاک‌چین نیازمند سرمایه‌گذاری قابل توجه است.

بر اساس نتایج مطالعهٔ حاضر، ویژگی «پیشگیری از تقلب و احتمال بروز اختلاف» از اهمیت بالا برخوردار بوده است؛ از این‌رو، شرکت‌های بیمه باید به توسعهٔ فناوری‌هایی بپردازند که مخاطرات

اخلاقی را کاهش می‌دهند، مانند قراردادهای هوشمند و سامانه‌های غیرمتمرکز. همچنین، با توجه به قابلیت‌های قرارداد هوشمند و بلاک‌چین، انجام پیمایش‌های لازم برای ترویج و توسعه قرارداد هوشمند برای محصولات کشاورزی، مطالعه روی بومی‌سازی قراردادهای هوشمند بر اساس شرایط اجتماعی–اقتصادی و سیاسی کشور، طراحی قراردادهای هوشمند با قابلیت گنجاندن ویژگی‌های محصولات متنوع در مناطق مختلف، استفاده از قابلیت‌های بلاک‌چین در سایر عرصه‌های مرتبط با کشاورزی نظیر زنجیرهٔ تامین، سرمایه‌گذاری و ...، افزودن امکان سرمایه‌گذاری و مبایعت قراردادهای بیمه محصولات کشاورزی و ایجاد بسترهای لازم برای فناوری‌های جدید و طراحی چارچوب‌های تحقیقی پیشنهاد می‌شود.

با وجود نتایج ارزشمند، پژوهش حاضر دارای محدودیت روش‌شناختی است. عدم اجرای عملی سامانه و عدم استفاده از اوراکل‌های بیرونی سبب شده است که ارزیابی صرفاً در سطح طراحی و تحلیل نظری انجام گیرد و آزمون تجربی یا میدانی سیستم هنوز صورت نگرفته است. بنابراین، نتایج ارائه‌شده باید به‌عنوان یک مطالعه مقدماتی تلقی شوند و در واقع، تعمیم‌پذیری نتایج یادشده نیازمند تحقیقات تکمیلی با نمونه‌های بزرگ‌تر و آزمون‌های میدانی است.

منابع

1. Abedinpour, M., Samadianfard, S., & Kisi, O. (2017). Modeling infiltration rate in soil using gene expression programming and artificial neural networks. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 65(3), 254-265.
2. Barzegar, S., & Barzegar, M. (2022). Identifying challenges of blockchain technology in insurance based on smart contracts. *Information Technology and Management Journal*, 13(4), 85-104. [In Persian]
3. Bolt, C. (2019). Blockchain and the insurance industry: transforming trust and efficiency. Deloitte Insights Industry Report. DOI: 10.36227/techrxiv.24006237.v1.
4. Çifçi, G., & Büyüközkan, G. (2011). A fuzzy AHP based decision support system for supplier selection. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9653-9662. DOI: 10.31387/oscm0170107.
5. Dayana, R., & Kalpana, M. (2022). Smart contracts and blockchain-based crop insurance models. *Journal of Agriculture and Technology*, 9(1), 22-35. DOI: 10.3390/su13168921.

6. Hoshiar, A., Eskandari, P., & Davari, S. (2022). Validation of the strategic value-creation model in marine insurance with a focus on blockchain technology. *Modern Business Management Journal*, 8(3), 99-117. [In Persian]
7. Hu, Y., Huang, L., & Zhang, J. (2021). Blockchain for food traceability: review and future trends. *Food Control*, 123, 107856. DOI: 10.3390/foods12163026.
8. Imani, M., Rezaei, A., & Naderi, H. (2023). Investigating the impact of blockchain technology and smart contracts on the insurance industry. *Iranian Journal of Finance and Insurance Management*, 14(2), 55-72. [In Persian]
9. Iyer, K., Jain, P., & Sharma, N. (2021). A decentralized peer-to-peer crop insurance framework using blockchain. *Computers and Electronics in Agriculture*, 190, 106425. DOI: 10.1145/3457337.3457837.
10. Jha, S., Singh, R., & Reddy, P. (2021). Blockchain-based crop insurance system: A decentralized solution. *Agricultural Systems*, 191, 103143. DOI: 10.3390/su13168921.
11. Lin, W., Zhang, P., & Zhao, L. (2022). Smart contract lifecycle management in blockchain applications. *Journal of Systems Architecture*, 124, 102416.
12. Luchoomun, M., Tan, B., & Tang, Y. (2020). Smart contracts in business processes: a review. *International Journal of Information Management*, 53, 102029.
13. Makmur, M., Idris, N., & Nordin, N. (2020). Implementing blockchain-based smart contracts for agriculture insurance. *Procedia Computer Science*, 170, 567-574.
14. Manavizadeh, N., Aghaie, A., & Alavi, A. (2006). Decision making using AHP: concepts and applications. *Management Science Letters*, 3(2), 55-68.
15. Mohammadi Fateh, N., & Salarnejad, M. (2022). Identifying the applications, benefits, and challenges of blockchain technology in Iran. *Advanced Information and Communication Technology Journal*, 10(2), 21-38. [In Persian]

16. Musamih, A., Salah, K., Jayaraman, R., & Omar, M. (2021). Blockchain-based agricultural insurance: enhancing trust and transparency. *IEEE Access*, 9, 114263-114277.
17. Omar, M., Salah, K., Jayaraman, R., & Musamih, A. (2023). Smart contract-based agricultural insurance using blockchain technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 205, 107613.
18. Peng, Y., Zhao, C., & Xu, F. (2023). Integrating blockchain with agricultural data management systems. *Information Processing in Agriculture*, 10(2), 258-269.
19. Pincheira, M., Guerrero, L., & Torky, M. (2021). IoT and blockchain for precision agriculture: opportunities and challenges. *Computers in Industry*, 129, 103456.
20. Rahim, N., Yadav, D., & Singh, R. (2018). Blockchain for agri-insurance and supply chain: a systematic review. *Sustainability*, 10(12), 4457.
21. Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1991). Prediction, projection and forecasting: applications of the analytic hierarchy process in economics, finance, politics, games and sports. Springer-Verlag, New York.
22. Salah, A., Hassan, M., & Vargas, L. (2019). Pairwise comparison consistency in AHP: a review. *European Journal of Operational Research*, 274(3), 794-808.
23. Wang, S., Ouyang, L., Yuan, Y., Ni, X., Han, X., & Wang, F. (2020). Blockchain-enabled smart contracts: architecture, applications, and future trends. *IEEE Transactions on Systems*, Man, and Cybernetics, 50(1), 22-35.
24. Wu, J., Lin, W., & Liu, H. (2019). Applications of smart contracts in Internet of Things: a survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 136, 62-79.
25. Wu, J., Zhang, X., & Lin, W. (2022). Smart contract verification and deployment in decentralized systems. *Future Generation Computer Systems*, 129, 333-345.
26. Yadav, D., & Singh, R. (2020). Blockchain in agriculture: opportunities and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 178, 105476.

27. Yadav, D., Singh, R., & Rahim, N. (2022). Food security and blockchain integration: a new paradigm. *Sustainability*, 14(4), 2283.
28. Yazdanmanesh, M. (2017). Agricultural insurance and climate risk management in Iran. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development*, 31(122), 71-89. [In Persian]
29. Zarghami, M., & Szidarovszky, F. (2011). Multicriteria analysis: applications and case studies. Springer, Berlin.
30. Zhang, H., Yang, J., & Hu, Y. (2020). Big data and blockchain for agricultural supply chains. *Information Systems Frontiers*, 22(2), 389-405.