Information Technology Innovations and Applied Communication
Vol. 4, No. 2, Summer, 2026, Serial No. 10

Blockchain Technology in Military: A Systematic Mapping Study

Amir Hossein Zangane[1], Ehsan Sharifi[*2], Amir Mahdi Sazdar[3]

[*] Assistant Professor, Shahid Sattari Aeronautical University, Tehran, Iran

(**Received:** 19 February 2026, **Revised:** 14 April 2026, **Accepted:** 06 May 2026, **Published:** 22 May 2026)

Abstract

Blockchain as a practical technology has features such as trust, security, data integrity, transparency and visibility. The application of this technology is not limited to financial fields and has also entered other fields such as defense and military. Each of the features of this technology can solve some of the challenges in the defense industry. In recent years, various studies have been conducted in this field. The absence of a comprehensive secondary study that introduces trends and gaps in this field is evident. Evidence-based software engineering suggests systematic mapping study and systematic literature review for secondary studies in information technology domain. The purpose of this article is to identify the military applications of blockchain technology, which is achieved by conducting a systematic mapping study. During this study, 116 articles were examined and finally 46 articles were identified as research related to this field. Hybrid warfare, autonomous systems, military communications, internet of battlefield things, military logistic, military security, military training simulators and command and control are research topics identified in this field. Most of the conducted researches are related to the field of defense security and Internet of battlefield things, and the least researches are related to military simulators and hybrid warfare.

Keywords: Blockchain, Future War, Systematic Mapping Study

[*] Corresponding Author E-mail: esharif@aut.ac.ir

مجله علمی - «نوآوری‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات کاربردی»
سال چهارم، شماره 2، فصل تابستان 1405؛ ص 14-1.

کاربردهای نظامی فناوری بلاک‌چین: یک مطالعه نگاشتی نظام‌مند

امیرحسین زنگنه[1]، احسان شریفی*[2]، امیرمهدی سازدار[3]

1- پژوهشگر، 2- استادیار، 3- استادیار، دانشگاه هوایی شهید ستاری، تهران، ایران.

(**دریافت:** 22 اسفند 1404 **بازنگری:** 26 فروردین 1405 **پذیرش:** 16 اردیبهشت 1405 انتشار: 01 مرداد 1405)

چکیده

بلاک‌چین به‌عنوان یک فناوری کاربردی دارای ویژگی‌هایی نظیر اعتماد، امنیت، یکپارچگی داده‌ها، شفافیت و قابل‌مشاهده بودن است. کاربرد این فناوری به حوزه‌های مالی محدود نبوده و به سایر حوزه‌ها نظیر حوزه‌های دفاعی و نظامی هم ورود پیدا نموده است. هر یک از ویژگی‌های این فناوری می‌تواند برخی از چالش‌های موجود در صنایع دفاعی را مرتفع نماید. طی سالیان اخیر مطالعات متنوعی در این حوزه انجام‌شده است. اما عدم وجود یک مطالعه ثانویه جامع که روندها و خلأهای این حوزه را معرفی نماید مشهود است. مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر شواهد روش‌های مطالعه نگاشتی نظام‌مند و بررسی ادبیات نظام‌مند را برای مطالعات ثانویه در زمینه‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات پیشنهاد می‌کند. هدف این مقاله شناسایی کاربردهای نظامی فناوری بلاک‌چین است که با انجام یک مطالعه نگاشتی نظام‌مند محقق می‌شود. در خلال انجام این مطالعه، 116 مقاله مورد بررسی قرار گرفت و درنهایت 46 مقاله به‌عنوان پژوهش‌های مرتبط به این حوزه شناسایی شد. جنگ ترکیبی، سامانه‌های خودمختار، ارتباطات نظامی، اینترنت اشیا میدان نبرد، آماد نظامی، امنیت نظامی، شبیه‌سازهای آموزش نظامی و فرماندهی و کنترل موضوعات پژوهشی شناسایی‌شده در این حوزه هستند. بیشترین پژوهش‌های انجام‌شده مرتبط به حوزه امنیت دفاعی و اینترنت اشیا میدان نبرد و کمترین پژوهش‌ها مرتبط به شبیه‌سازهای نظامی و جنگ ترکیبی است.

کلیدواژه‌ها: بلاک‌چین، جنگ آینده، مطالعه نگاشتی نظام‌مند.

* رایانامه نویسنده مسئول: E-mail: esharif@aut.ac.ir

1. مقدمه

مفهوم بیت‌کوین و بلاک‌چین برای اولین‌بار در سال ۲۰۰۸ توسط شخصی با نام مستعار ساتوشی ناکاموتو ارائه شد[1] . در ابتدا، نوسانات بسیار بالای بیت‌کوین و نگرش منفی بسیاری از کشورها نسبت به آن، تا حدودی توسعه این فناوری را محدود کرد، اما مزایای بلاک‌چین به‌عنوان فناوری زیربنایی بیت‌کوین توجه روزافزونی را به خود جلب کرد [2]. بلاک‌چین نوعی پایگاه‌داده مشترک است که با یک پایگاه‌داده معمولی در نحوه ذخیره اطلاعات متفاوت است. بلاک‌چین داده‌ها را در بلوک‌هایی که از طریق رمزنگاری به هم مرتبط شده‌اند ذخیره می‌کنند[3] . انواع مختلفی از اطلاعات را می‌توان در یک بلاک‌چین ذخیره نمود، اما رایج‌ترین استفاده از آن برای ذخیره تراکنش‌ها به‌عنوان دفترکل[1] بوده است. بلاک‌چین به‌عنوان دفترکل توزیع‌شده غیرمتمرکز می‌تواند انواع مختلفی از اطلاعات مانند تراکنش‌ها را که بین اعضای یک شبکه به اشتراک گذاشته می‌شود، نگهداری کند[4] . بلاک جین‌ها غیرمتمرکز و تغییرناپذیر هستند، به این معنی که داده‌های واردشده برگشت‌ناپذیر هستند [5]. بلاک‌چین دارای مزایای متعددی مانند تمرکززدایی[2]، ماندگاری[3]، ناشناس بودن[4] و قابلیت حسابرسی[5] است. طیف گسترده‌ای از کاربردهای بلاک‌چین از ارزهای دیجیتال، خدمات مالی، مدیریت ریسک، اینترنت اشیا گرفته تا خدمات عمومی و اجتماعی، امنیت سایبری و حوزه دفاعی وجود دارد [6]. انتظار می‌رود فناوری بلاک‌چین تا سال 2025 درآمدی معادل 19.9 میلیارد دلار ایجاد کند [7].

معماری بلاک‌چین از چندین لایه تشکیل‌شده است. لایه زیرساخت یا سخت‌افزار، داده‌های بلاک‌چین را به‌صورت امن روی سرورها ذخیره می‌کند و شامل رایانه‌ها و سرورهایی است که از شبکه بلاک‌چین پشتیبانی می‌کنند. این لایه، شبکه‌ای گسترده از دستگاه‌های مختلف است که با یکدیگر داده تبادل می‌کنند. هنگام استفاده از بلاک‌چین، ماشین کاربر درخواستی برای دسترسی به سرور داده ارسال می‌کند و ازآنجاکه بلاک‌چین‌ها شبکه‌های همتا به همتا هستند، کاربران را برای اشتراک داده‌ها به یکدیگر متصل می‌کنند و یک دفترکل توزیع‌شده را ایجاد می‌کنند. سخت‌افزارها باید قدرت پردازشی مناسب، حافظه، و قابلیت اطمینان داشته باشند.

لایه داده، تراکنش‌ها را ثبت و بلاک‌ها را ایجاد می‌کند. وقتی تعداد تراکنش‌های یک گره به حد معینی رسید، داده در یک بلاک دسته‌بندی و در شبکه آپلود می‌شود و تمام بلاک‌ها به بلاک قبلی متصل می‌شوند و زنجیره‌ای بزرگ را می‌سازند. تراکنش‌ها برای حفظ امنیت و یکپارچگی داده‌ها، به‌صورت دیجیتالی با کلید خصوصی امضا می‌شوند و هر کس به کلید عمومی دسترسی داشته باشد می‌تواند آن را تأیید کند. لایه شبکه یا لایه P2P، وظیفه برقراری ارتباط بین گره‌ها، کشف تراکنش‌ها و انتشار بلاک‌ها را بر عهده دارد. لایه اجماع، عملکرد کلیدی بلاک‌چین یعنی سازوکار اجماع بین نودها را فعال می‌کند و امکان اجماع غیرمتمرکز را فراهم می‌کند، بنابراین نیازی به مرجع مرکزی نیست و این همان رویکرد تمرکززدایی در شبکه بلاک‌چین است. در این لایه، تعداد زیادی از نودها تراکنش‌ها را پردازش می‌کنند و برای تأیید اعتبار هر تراکنش، نودها باید با یکدیگر توافق داشته باشند. درنهایت، لایه کاربرد شامل قراردادهای هوشمند، کدهای زنجیره‌ای و برنامه‌های کاربردی غیرمتمرکز است و استفاده از شبکه بلاک‌چین را تسهیل می‌کند. هزینه‌های ایجاد بلاک‌چین بستگی به‌اندازه و پیچیدگی بلاک‌چین دارد. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های سخت‌افزاری، نرم‌افزاری، توسعه، نگهداری و مدیریت است. برای پروژه‌های کوچک، می‌توان از سرویس‌های ابری استفاده کرد، اما برای پروژه‌های بزرگ، سرورهای خود را راه‌اندازی کرد.

در سال‌های اخیر شاهد پذیرش سریع فناوری بلاک‌چین در صنایع نظامی بوده‌ایم. ویژگی‌های متمایز و مفید بلاک‌چین، سازمان‌های نظامی را قادر می‌سازد تا عملیات نظامی را به شیوه‌ای امن، شفاف، اقتصادی و قابل حسابرسی انجام دهند [8]. به طور خاص، دارپا در حال آزمایش با بلاک‌چین است تا نوآوری‌هایی را در بخش مدیریت عملیات میدان نبرد دررابطه‌با کارایی، استحکام و امنیت ارائه دهد[9] . ناتو نیز از بلاک‌چین برای اطمینان از تدارکات نظامی ایمن و خدمات لجستیک قابل‌ردیابی استفاده می‌کند.

طی سالیان اخیر پژوهش‌های مختلفی در حوزه بلاک‌چین در امور نظامی صورت‌گرفته است که هر یک با رویکردهای مختلفی به حل چالش‌های موجود در این حوزه پرداخته‌اند. هدف از انجام این تحقیق شناسایی گرایش‌ها و شکاف‌های پژوهشی موجود در حوزه کاربردهای نظامی بلاک‌چین است. بدین منظور نیازمند انجام تحقیقی هستیم که امکان پوشش کلیه مطالعات انجام‌شده در این حوزه را داشته باشد. «مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر شواهد[6]» دو روش «مطالعه نگاشتی نظام‌مند[7]» و «مرور ادبیات نظام‌مند[8]» را معرفی می‌نماید که به طور قابل‌اعتماد، قابل‌تکرار، بی‌طرفانه و سخت‌گیرانه امکان انجام این‌گونه مطالعات را فراهم می‌نماید[10] [11]. این دو روش که در ادامه‌ی این مقاله گاهی با

[1] Ledger
[2] Decentralization
[3] Persistency
[4] Anonymity
[5] Auditability

[6] Evidence based software engineering
[7] Systematic Mapping Study (SMS)
[8] Systematic Literature Review (SLR)

SMS و SLR به آن‌ها اشاره می‌نماییم مکمل یکدیگر بوده و هرکدام دارای هدف مشخصی هستند. هدف اصلی در مطالعه نگاشتی نظام‌مند شناسایی گرایش‌های پژوهشی و دسته‌بندی موضوعات موجود در یک حوزه پژوهشی خاص است. هدف مرور ادبیات نظام‌مند نیز شناسایی مطالعات اصلی یک حوزه به‌منظور جوابگویی به یک یا چند سؤال پژوهشی مشخص است.

سؤالات پژوهشی در مطالعه نگاشتی نظام‌مند کلی‌تر بوده و معمولاً فرایند مطالعه نگاشتی نظام‌مند قبل از مرور ادبیات نظام‌مند انجام می‌شود. نوآوری اصلی این پژوهش انجام یک مطالعه نگاشتی نظام‌مند در حوزه کاربردهای نظامی بلاک‌چین است که برای اولین‌بار در این حوزه انجام می‌شود. شناسایی هشت حوزه فعال پژوهشی شامل جنگ ترکیبی[1]، سامانه‌های خودمختار[2]، ارتباطات نظامی[3]، اینترنت اشیا میدان نبرد[4]، آماد نظامی، امنیت نظامی، شبیه‌سازهای آموزش نظامی و فرماندهی و کنترل از نتایج اصلی این پژوهش است. در ادامه این مقاله در ابتدا پیشینه پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس روش پژوهش و در ادامه مرحله برنامه‌ریزی مطالعه نگاشتی توصیف می‌شود. سپس مرحله‌های ارزیابی و انجام ارائه‌شده و نتایج به‌دست‌آمده گزارش می‌شود. در انتها نیز نتایج مورد بررسی قرار می‌گیرد.

2. پیشینه‌های پژوهش

برخی از پژوهشگران، مطالعات ثانویه‌ای را با روش تحقیق پیمایشی در حوزه بلاک‌چین و ارتباط آن با حوزه‌های هوافضا، پدافند و امور دفاعی انجام داده‌اند.

نتایج حاصل از برخی از مهم‌ترین پژوهش‌های ثانویه انجام‌شده در جدول (1) قابل‌مشاهده است. در بخش نتایج این جدول، حوزه‌های پژوهشی شناسایی‌شده توسط هر یک از این مطالعات نمایش‌داده‌شده است. بررسی‌های انجام‌شده در این حوزه بیانگر این واقعیت است که هیچ مطالعه نگاشتی نظام‌مندی در این حوزه انجام‌نشده است.

جدول (1). پیشینه تحقیقات انجام‌شده

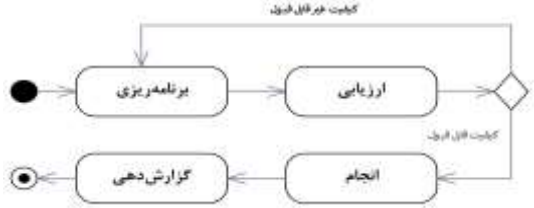
نویسنده	اهداف	روش پژوهش	نتایج
[12]	کاربردهای مختلف بلاک‌چین در شبکه‌های پهپاد	تحقیق پیمایشی	• خودکارسازی زنجیره تأمین نظامی با سامانه‌های پهپادی مبتنی بر بلاک‌چین • سرویس‌های ارائه‌شده توسط شبکه‌های پهپادی مبتنی بر بلاک‌چین

جدول (1). (ادامه)

نویسنده	اهداف	روش پژوهش	نتایج
[12]	کاربردهای مختلف بلاک‌چین در شبکه‌های پهپاد	تحقیق پیمایشی	• ذخیره‌سازی غیرمتمرکز داده‌های حساس به‌دست‌آمده از حسگرهای موجود در پهپادها • امن‌سازی شبکه‌های پهپادی با بلاک‌چین • کاربردهای نظارتی پهپادها مبتنی بر بلاک‌چین • شبکه‌های پهپادی مبتنی بر بلاک‌چین به‌منظور انجام رایانش لبه
[13]	شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های کاربرد بلاک‌چین در هوافضا و پدافند	تحقیق پیمایشی	• مدیریت عملیات میدان نبرد • مدیریت آماد و زنجیره تأمین • مدیریت شبکه‌های پهپادی خودمختار • حفاظت از مرزها
[14]	شناسایی کاربردهای نظامی فناوری بلاک‌چین	تحقیق پیمایشی	• دستورات نظامی[5] • مدیریت صحنه نبرد • آماد نظامی • امنیت نظامی

3. روش‌شناسی پژوهش

روش تحقیق مورداستفاده در این مقاله، یک مطالعه نگاشتی نظام‌مند بر اساس راهنمایی ارائه‌شده توسط پیترسون و همکاران است [11]. شکل ۱ فرایند کلی SMS را نمایش می‌دهد. فرایند از چهار مرحله برنامه‌ریزی، ارزیابی، انجام و گزارش‌دهی تشکیل‌شده است. در ادامه فرایند استاندارد مطالعه نگاشتی نظام‌مند معرفی می‌شود.



شکل (1). مدل فرایند مطالعه نگاشتی نظام‌مند

3-1. مرحله برنامه‌ریزی مطالعه نگاشتی

مرحله برنامه‌ریزی، اولین مرحله از فرایند SMS است. در این مرحله، کلیه تصمیم‌های مربوط به انجام SMS اتخاذ می‌شود. جدول‌های ۲ تا ۱۰ فعالیت‌های مرحله برنامه‌ریزی را نمایش

[1] Hybrid Warfare
[2] Military Autonomous Systems
[3] Military Communication
[4] Internet of battlefield things
[5] Military Commands

می‌دهند. لازم به ذکر است که در هر یک از فعالیت‌های معرفی‌شده در این مرحله، فن‌ها و روش‌هایی ذکر می‌شود که بررسی جزئیات آن خارج از محدوده موردنظر این پژوهش است؛ به همین دلیل برای درک جزئیات بیشتر به منابع مربوطه ارجاع داده شده است. در ادامه برخی از فعالیت‌های موجود در این مرحله به‌صورت اجمالی معرفی می‌شوند.

جدول (2). تعیین محدوده مطالعه و تعریف سؤال‌های تحقیق

تعیین محدوده مطالعه	کلیه مطالعات انجام‌شده در حوزه «کاربردهای نظامی بلاک‌چین» است که در خلال سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ انجام‌شده است.
تعریف سؤالات تحقیق	سؤال ۱: موضوعات پژوهشی اصلی موجود در حوزه کاربردهای نظامی بلاک‌چین چیست؟
	سؤال ۲: شکاف‌های پژوهشی اصلی موجود در حوزه کاربردهای نظامی بلاک‌چین چیست؟
	سؤال ۳: پژوهشگران فعال در حوزه کاربردهای نظامی بلاک‌چین چه کسانی هستند؟
	سؤال ۴: اجلاس‌ها و ژورنال‌های فعال در حوزه کاربردهای نظامی بلاک‌چین کدام است؟
	سؤال ۵: کشورهای فعال در حوزه کاربردهای نظامی بلاک‌چین کدام است؟

جدول (3). انتخاب راهبُرد جستجو

جستجوی دستی	جستجو در پایگاه استنادی	گلوله‌برفی
■	□	■

جدول (4). انتخاب راهبُرد انجام جستجو

P I C O	انتخاب کلمات کلیدی مقالات شاخص	استانداردها، دائره‌المعارف‌ها و لغت‌نامه‌ها	مشورت با افراد خبره	بهبود تکراری جستجو
□	■	□	□	□

جدول (5). تعیین معیارهای شمول و محرومیت

قواعد تصمیم‌گیری	برطرف‌کردن اختلاف‌نظرهای بین پژوهشگران	شناسایی معیارهای عینی و ارزیابی به‌صورت عینی
■	□	□

جدول (6). تعیین نحوه‌ی ارزیابی جستجو

آزمون - آزمون مجدد	بررسی صفحات وب پژوهشگران شاخص	ارزیابی فرد خبره	مجموعه‌آزمون
□	□	□	■

جدول (7). برنامه‌ریزی فرایند کلاسه‌بندی مستقل از عنوان

نام نویسنده	سال چاپ	محل چاپ	کشور پژوهش	روش پژوهش
■	■	■	■	□

جدول (8). برنامه‌ریزی فرایند کلاسه‌بندی وابسته به‌عنوان

دسته‌بندی‌های موجود	کلاسه‌بندی کلمات کلیدی
□	■

جدول (9). برنامه‌ریزی فرایند کلاسه‌بندی وابسته به‌عنوان

دیاگرام خطی	دیاگرام پای	دیاگرام میله‌ای	دیاگرام حبابی	دیاگرام ون	نقش حرارتی
□	□	■	□	□	□

جدول (10). برنامه‌ریزی فرایند کلاسه‌بندی وابسته به‌عنوان

روایی توصیفی	روایی نظری	روایی تفسیری	تعمیم‌پذیری	تکرارپذیری
■	□	□	□	■

اولین فعالیت در مرحله برنامه‌ریزی، تعیین محدوده مطالعه و تعریف سؤال‌های تحقیقی است که این مطالعه قصد دارد به آن‌ها پاسخ دهد. محدوده مطالعه بیانگر فاصله زمانی انتشار مقاله‌های انتخاب‌شده برای انجام مطالعه نگاشتی است. سؤال‌های پژوهش در دسته مستقل از عنوان و وابسته به‌عنوان قابل‌طرح هستند. سؤال‌های وابسته به‌عنوان در خصوص شناسایی و کلاسه‌بندی موضوع‌های پژوهشی در حوزه موردنظر مطرح می‌شود؛ اما سؤال‌های مستقل از عنوان در خصوص اطلاعات کلی مقاله نظیر محل چاپ، نام پژوهشگران و نام اجلاس یا مجله مطرح می‌شود.

برنامه‌ریزی فرایند جستجو مرحله دوم از مرحله برنامه‌ریزی است. در این فعالیت، فضای جستجو، رشته جستجو و راهبُردهای جستجو تعیین می‌شوند. فضای جستجو شامل مجله‌ها و اجلاس‌های مرتبط به حوزه موردمطالعه است. قبل از شروع جستجو باید مجموعه‌ای از فضاهای جستجو تعریف‌شده و در حین فرایند به‌صورت افزایشی و تکراری تکمیل شوند. رشته جستجو عبارتی است که برای جستجوی مطالعه‌های مرتبط در هر یک از نمایه‌های استنادی مورداستفاده قرار می‌گیرد. این رشته بر روی عنوان، چکیده و کل متن مقاله‌های مورد جستجو اعمال می‌شود.

جدول (11). رشته‌ی جستجو

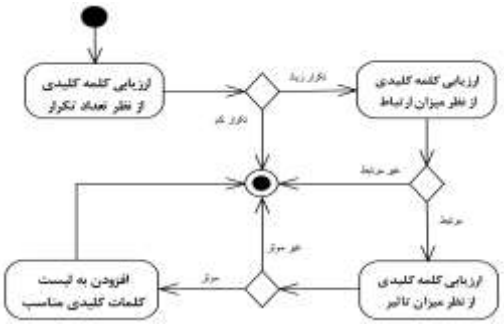
پایگاه استنادی	رشته جستجو
Google Scholar	*(Blockchain) AND (military OR defense OR Battlefield OR Weapon OR Warfare OR "War Game" OR "Cyber Warfare")*

جدول ۱۱ رشته جستجو را در پایگاه استنادی Google Scholar نمایش می‌دهد. ما در این پژوهش از این پایگاه استنادی استفاده می‌کنیم. ما در این مقاله برای انجام فرایند جستجو از راهبُرد جستجوی دستی با استفاده از فن گلوله‌برفی به عقب استفاده می‌کنیم. برنامه‌ریزی نحوه انتخاب مطالعه‌ها، مرحله سوم از مرحله برنامه‌ریزی است. در این فعالیت، معیارهای شمول و محرومیت تعیین‌شده و راهبُرد انتخاب مطالعه تبیین می‌شود. راهبرد انتخاب مطالعه معمولاً شامل دو مرحله است. در مرحله اول مقاله بر اساس عنوان، کلمه‌های کلیدی، اطلاعات محل چاپ و چکیده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در مرحله دوم ارزیابی بر اساس کل متن مقاله انجام می‌شود. در هر مرحله درباره شمول یا محرومیت مقاله تصمیم‌گیری می‌شود. تنها معیار شمول نیز مرتبط بودن آن مطالعه به حوزه کاربردهای نظامی بلاک‌چین است. چهارمین فعالیت در مرحله برنامه‌ریزی، تعیین راهبُرد ارزیابی فرایندهای جستجو و انتخاب مطالعه است. مجموعه‌آزمون[1] یکی از رایج‌ترین رویکردهای ارزیابی فرایند SMS است [15]. بر اساس این روش، یک جستجوی مجزا از طریق مراجعه به پیش‌گامان[2] این حوزه و بررسی فعالیت‌های پژوهشی آن‌ها آغاز می‌شود. در این فرایند مجموعه پژوهش‌های مرتبط به حوزه تحقیق جمع‌آوری‌شده و مجموعه‌آزمون ایجاد می‌شود. به‌منظور ارزیابی فرایند جستجو مجموعه مقاله‌های نهایی شناسایی‌شده از طریق فرایند SMS با مجموعه مقاله‌های موجود در مجموعه‌آزمون مقایسه و ارزیابی نهایی انجام می‌شود.

به‌منظور پاسخگویی به سؤال‌های تحقیق نیازمند استخراج اطلاعات از مقاله‌های مشمول هستیم. انتخاب موارد داده به‌نحوی خواهد بود که امکان پاسخگویی به سؤال‌های تحقیق را فراهم نماید. جدول 12 موارد موردنیاز برای استخراج داده‌ها را نشان می‌دهد. بررسی عنوان مقاله، چکیده و کلمات کلیدی شناسایی‌شده توسط نویسندگان مجموعه‌ای از واژگان مرتبط را ارائه می‌دهد که مفهوم کلی مقاله را بیان می‌کند. متن اصلی مقاله برای مواردی که استخراج کلمات کلیدی مناسب از سه منبع ذکرشده غیرممکن باشد بررسی می‌شود. نکته‌ای که لازم است موردتوجه قرار گیرد این است که انتخاب کلمات کلیدی بر اساس تعداد تکرار می‌تواند دقت کلاسه‌بندی را کاهش دهد. به همین دلیل ما از مفهومی به نام کلمات کلیدی مناسب استفاده می‌کنیم. کلمه‌های کلیدی مناسب کلماتی هستند که در تشخیص دقیق‌تر موضوع یک مقاله نقش مهمی ایفا می‌کنند.

جدول (12). موارد فرم استخراج داده‌ها

مورد داده	دلیل انتخاب
عنوان مقاله	شناسایی مقاله
نام نویسندگان	به‌منظور پاسخگویی به سؤال پژوهشی سوم
سال چاپ	به‌منظور پاسخگویی به سؤال پژوهشی سوم
محل چاپ	به‌منظور پاسخگویی به سؤال پژوهشی چهارم
کشور نویسندگان مقاله	به‌منظور پاسخگویی به سؤال پژوهشی پنجم
کلمات کلیدی	به‌منظور پاسخگویی به سؤال‌های پژوهشی اول و دوم



شکل (2). فرایند انتخاب کلمه‌های کلیدی مناسب

در این بخش طبق فرایندی که در شکل ۲ مشاهده می‌شود کلمه‌های کلیدی مناسب انتخاب می‌شوند. برای تعیین مناسب‌بودن یک کلمه کلیدی سه ویژگی تعداد تکرار، مرتبط بودن به حوزه موردنظر و مؤثربودن[3] مورد بررسی قرار می‌گیرد. تعیین تعداد تکرار کلمه‌های کلیدی به‌صورت خودکار انجام می‌شود. ابزارهای مختلفی برای استخراج تعداد کلمه‌های کلیدی وجود دارد. در این مقاله از ابزار بایب‌اکسل استفاده‌شده است. یکی از امکانات این ابزار امکان استخراج کلمه‌های پرتکرار در یک متن است. اگر تعداد تکرار یک کلمه کلیدی از یک حد آستانه بیشتر بود به مرحله بعد می‌رویم و در غیر این صورت این کلمه حذف می‌شود. تعیین مرتبط بودن یک کلمه کلیدی به حوزه موردنظر طی دو مرحله انجام می‌شود. اگر کلمه کلیدی موردنظر جزء کلمه‌های کلیدی معرفی‌شده توسط نویسنده مقاله باشد به‌عنوان کلمه کلیدی مرتبط انتخاب خواهد شد؛ اما اگر کلمه کلیدی جزء کلمه‌های کلیدی موردنظر نویسنده نباشد ارتباط یا عدم ارتباط آن به حوزه موردنظر توسط فرد خبره تعیین می‌شود.

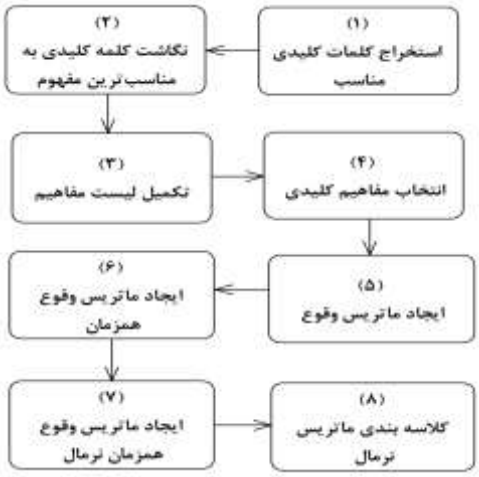
اگر کلمه کلیدی موردنظر به‌عنوان مرتبط شناسایی شد به مرحله بعد می‌رویم و در غیر این صورت کلمه حذف می‌شود. در آخرین مرحله از این فرایند میزان مؤثربودن یک کلمه کلیدی تعیین می‌شود. بدین منظور یک فهرست از کلمه‌های کلیدی غیرمؤثر توسط فرد خبره جمع‌آوری می‌شود. این فهرست شامل کلماتی است که تعداد تکرار زیادی دارند و به حوزه مرتبط هستند، اما تأثیری در شناسایی موضوعات پژوهشی ندارند. اگر در این مرحله، کلمه کلیدی موردنظر جزء فهرست کلمه‌های کلیدی غیرمؤثر نبود به فهرست کلمه‌های کلیدی مناسب اضافه می‌شود.

[1] Test set
[2] Pioneers
[3] Effectiveness

مرحله بعدی در این مرحله، برنامه‌ریزی فرایند کلاسه‌بندی است. فرایند کلاسه‌بندی معمولاً به دو صورت انجام می‌شود. نوع اول «کلاسه‌بندی مستقل از عنوان[1]» است. در این روش مقاله‌ها بر اساس داده‌هایی نظیر نام نویسنده، سال چاپ، محل چاپ که وابسته به محتوا و عنوان مقاله نیستند کلاسه‌بندی می‌شوند. این روش رایج‌ترین روش کلاسه‌بندی مقاله‌ها است که در اکثر مقاله‌های مروری مورداستفاده قرار می‌گیرد. نوع دوم «کلاسه‌بندی خاص عنوان[2]» است. این نوع کلاسه‌بندی مقاله‌ها را از حیث موضوع و حوزه تحقیق مورد کلاسه‌بندی قرار می‌دهند. درواقع هدف اصلی انجام SMS که شناسایی گرایش‌های پژوهشی موجود در یک حوزه است از طریق این نوع از کلاسه‌بندی پاسخ داده می‌شود. بر اساس راهنمای پیترسون، این نوع از کلاسه‌بندی به دو روش قابل‌انجام است. اولین روش استفاده از دسته‌بندی‌های موجود است که توسط مؤسسه‌هایی نظیر IEEE یا SWEBOK انجام‌شده و موردقبول اکثر پژوهشگران است. این روش زمانی می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد که یک دسته‌بندی استاندارد در حوزه موردنظر موجود باشد.

درروش دوم، بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از فرایند SMS یک کلاسه‌بندی جدید ایجاد می‌شود. «خوشه‌بندی کلمه کلیدی[3]» بر اساس این روش است. خوشه‌بندی کلمه کلیدی مشابه کدگذاری باز[4] در گراند نظریه[5] است. در روش‌های منطبق بر گراند نظریه از مجموعه‌ای از داده‌ها به‌صورت استقرایی یک نظریه استخراج می‌گردد. اگر این کار به‌درستی انجام شود بدین معنا است که نظریه به‌دست‌آمده حداقل بر روی یک مجموعه‌داده[6] به طور کامل سازگار است؛ به همین دلیل اگر فرایند خوشه‌بندی کلمه کلیدی به‌درستی انجام شود دارای یک‌پایه نظریه است که می‌تواند در هنگام عدم وجود کلاسه‌بندی‌های استاندارد توسط سایر پژوهشگران مورد استناد واقع شود.

فهرست کلمات کلیدی کل مقاله‌های مشمول به‌عنوان ورودی فرایند کلاسه‌بندی استفاده می‌شود. فعالیت‌های ۶ تا ۹ در شکل ۳ بیانگر مراحل کلاسه‌بندی است. در اولین قدم و با استفاده از فهرست کلمات کلیدی استخراج‌شده در مرحله قبل ماتریس رخداد ایجاد می‌شود. در تقاطع سطر i و ستون j این ماتریس تعداد تکرار کلمه کلیدی i ام در مقاله j ام قرار گرفته است. سپس ماتریس رخداد هم‌زمان ایجاد می‌شود. این ماتریس مربعی بوده و در تقاطع سطر i و ستون j آن، میزان وقوع هم‌زمان دوکلمه در کنار یکدیگر در کل مقاله‌های مشمول قرار دارد. سپس «ماتریس وقوع هم‌زمان نرمال»[7] از طریق شباهت کسینوسی محاسبه می‌شود. در انتها یک الگوریتم خوشه‌بندی روی ماتریس نهایی اعمال می‌شود و دسته‌بندی نهایی استخراج می‌شود.



شکل (3). مدل فرایند مطالعه نگاشتی نظام‌مند

3-2. مرحله ارزیابی مطالعه نگاشتی

در مرحله دوم از SMS فرایند برنامه‌ریزی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور از متریک‌های ارزیابی ارائه‌شده توسط پیترسون و همکاران استفاده می‌شود. اگر نتیجه ارزیابی بیانگر کیفیت نامناسب باشد مرحله برنامه‌ریزی مورد بازبینی و اصلاح قرار می‌گیرد و این چرخه تا زمانی که کیفیت موردنظر حاصل شود ادامه می‌یابد.

3-3. مرحله انجام مطالعه نگاشتی

پس از انجام مرحله‌های برنامه‌ریزی و ارزیابی نوبت به اجرای فرایند SMS می‌رسد. انجام یک فرایند پیچیده بدون استفاده از ابزار مناسب زمان‌بر و پرهزینه است و ممکن است دقت و کیفیت لازم را فراهم نکند. استفاده از یک ابزار مناسب می‌تواند دقت و سرعت فرایند را بهبود بخشد و هزینه آن را کاهش دهد. SMS فرایندی نسبتاً پیچیده و زمان‌بر است که در صورت عدم مدیریت مناسب، می‌تواند نتایج غیرقابل‌اعتمادی تولید کند. براین‌اساس استفاده از ابزارهای مناسب، فرایند SMS را تسهیل و خطاهای انسانی را کاهش می‌دهد. ابزارهای مختلفی برای اجرای SMS و SLR وجود دارد که هرکدام مزایا و معایبی دارند. در این مرحله، فرایند برنامه‌ریزی SMS با استفاده از ابزار پارسی فال[8] تعریف می‌شود. مزیت اصلی پارسی فال این است که فعالیت‌های مرتبط با فرایند SMS را به طور کامل پوشش می‌دهد.

[1] Topic-independent Classification
[2] Topic-specific Classification
[3] Keyword Clustering
[4] Open Coding
[5] Grounded Theory
[6] Data set
[7] Normalized Co-occurrence Matrix
[8] https://parsif.al/

باتوجه‌به راهبُرد جستجوی تعریف‌شده در مرحله اول و بر اساس رشته جستجوی تعیین‌شده تعداد ۱۱۶ مقاله شناسایی شد. مقاله‌های شناسایی‌شده در ابزار پارسی فال بارگذاری شده و فرایند انتخاب مطالعه آغاز شد. در این مرحله باتوجه‌به فرایند انتخاب مطالعه، تعداد ۳۰ مقاله به‌عنوان مشمول شناسایی شد. در ادامه سه مرحله فرایند گلوله‌برفی وارونه انجام شد که در مرحله اول ۷ مقاله و در مرحله دوم ۴ مقاله به‌عنوان مشمول شناسایی گردید. درنهایت نیز از مجموع ۱۱۶ مقاله شناسایی‌شده بر اساس اعمال معیارهای شمول و عدم شمول تعداد ۴۱ مقاله به‌عنوان پذیرفته‌شده نهایی انتخاب شدند. ارزیابی فرایند جستجو و انتخاب مطالعه در این مقاله با همکاری ۲ نفر از اساتید دانشگاه هوایی شهید ستاری انجام شد. همان‌گونه که قبلاً بیان شد روش ارزیابی مورداستفاده در این مقاله استفاده از مجموعه‌آزمون است. مجموعه‌آزمون موردنظر از طریق مراجعه به مطالعه‌های انجام‌شده توسط پژوهشگران شاخص در این حوزه جمع‌آوری می‌شود. نتیجه انجام این مرحله، استخراج ۲۵۰ مقاله بود که شامل تمامی مطالعه‌های انجام‌شده توسط پژوهشگران شناسایی‌شده در این حوزه بدون اعمال رشته جستجو بود. مجموعه مطالعه‌های جمع‌آوری‌شده فوق نیز در ابزار پارسی فال بارگذاری شد و مورد بررسی قرار گرفت. از این مجموعه، تعداد ۴۲ مقاله مورد پذیرش قرار گرفت که ۵ مقاله در فهرست مقاله‌های شناسایی‌شده وجود نداشت؛ لذا ۵ مقاله به فهرست مقاله‌های نهایی افزوده شد و تعداد مقاله‌های نهایی پذیرفته‌شده به ۴۶ عدد رسید. بر اساس نتایج کسب‌شده از این مرحله، میزان شباهت بین مقاله‌های بازیابی شده درروش پیشنهادی بیشتر از ۹۰ درصد بوده که قابل‌قبول است.

فرایند شناسایی کلمه‌های کلیدی مناسب طبق فرایند پیشنهادی در شکل 2 انجام‌شده است. در مرحله اول تعداد ۱۰۲ کلمه کلیدی بر اساس میزان تکرار شناسایی شد. کلمه‌های با تکرار بیش از ۳ بار در این فهرست جای گرفته‌اند. سپس فعالیت بررسی میزان ارتباط کلمه کلیدی موردنظر به حوزه موردپژوهش توسط فرد خبره انجام شد و تعداد ۳۵ کلمه کلیدی غیرمرتبط حذف گردید. در فعالیت سوم نیز ۲۲ کلمه کلیدی غیرمؤثر حذف شد و فهرست نهایی کلمه‌های کلیدی مناسب با ۴۵ کلمه کلیدی تشکیل شد. فرایند آماده‌سازی داده‌ها برای کلاسه‌بندی و تحلیل توسط نرم‌افزار بایب‌اکسل انجام می‌شود. ماتریس‌های وقوع نیز با استفاده از نرم‌افزار اکسل ایجاد می‌شود. سپس فرایند کلاسه‌بندی از طریق نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس اجرا می‌شود. تعداد خوشه‌ها به‌صورت تجربی و با چندین بار اجرای الگوریتم فوق به‌منظور دستیابی به خوشه‌های متوازن تعیین می‌شود.

جدول (13). موارد فرم استخراج داده‌ها

ردیف	ابزار	ورودی	خروجی
۱	پارسی فال	کلمه‌های کلیدی	کلمه‌های کلیدی مناسب
۲	بایب‌اکسل	کلمه‌های کلیدی	ماتریس رخداد
۳	اکسل	ماتریس رخداد	ماتریس رخداد هم‌زمان
۴	اکسل	ماتریس رخداد	ماتریس رخداد هم‌زمان
۵	اس‌پی‌اس‌اس	ماتریس رخداد	کلمات کلیدی

جدول 13 ورودی و خروجی‌های هر یک از فعالیت‌های شکل ۳ به همراه نوع ابزار استفاده‌شده را نمایش می‌دهد. در ستون دوم نوع ابزاری که در انجام آن فعالیت استفاده‌شده ارائه‌شده است. در سایر ستون‌ها نیز نوع داده‌های ورودی و خروجی هر فعالیت به همراه اندازه آن‌ها نمایش‌داده‌شده است.

3-4. مرحله گزارش‌گیری مطالعه نگاشتی

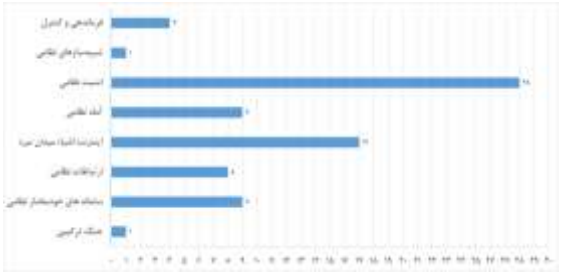
این بخش به بررسی نتایج SMS در پاسخ به سؤال‌های تحقیق می‌پردازد. نتایج به‌دست‌آمده در مرحله گزارش‌گیری در بخش نتایج و بحث ارائه‌شده است.

4. نتایج و بحث

در پاسخ به سؤال پژوهشی اول، بخش اول موضوعات پژوهشی شناسایی‌شده در حوزه کاربردهای نظامی بلاک‌چین را معرفی می‌کند. در بخش بعد، کشورها، پژوهشگران، اجلاس‌ها و ژورنال‌های برتر این حوزه معرفی می‌شوند. شکاف‌های پژوهشی موجود در این حوزه نیز جزو نتایج این مطالعه نگاشتی است.

1-4. شناسایی موضوعات پژوهشی

نتایج حاصل از کلاسه‌بندی، موضوعات پژوهشی موجود در این حوزه را به هشت دسته تقسیم می‌نماید. جنگ ترکیبی، سامانه‌های خودمختار، ارتباطات نظامی، اینترنت اشیا میدان نبرد، آماد نظامی، امنیت نظامی، شبیه‌سازهای آموزش نظامی و فرماندهی و کنترل موضوعات پژوهشی شناسایی‌شده در این حوزه هستند. شکل ۴ تعداد مطالعات انجام‌شده در هر یک از این دسته‌ها را در خلال سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ نمایش می‌دهد. نکته‌ای که باید موردتوجه قرار گیرد این است که برخی از مقالات به دلیل اینکه دارای قرابت به بیش از یک دسته بوده‌اند ممکن است به دودسته از این کلاس‌ها نسبت‌داده‌شده باشند. در ادامه این بخش هر یک از این موضوعات پژوهشی مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل (4). تعداد مطالعات انجام‌شده بر اساس موضوعات پژوهشی

4-1-1. امنیت نظامی

مقوله امنیت یک کلیدواژه مهم در حوزه نظامی است که در تمامی ابعاد یک سازمان نظامی می‌بایست مدنظر قرار گیرد. وجود امنیت در صحنه نبرد یکی از مهم‌ترین جنبه‌های امنیت در حوزه نظامی است. وجود حفره‌های امنیتی در تجهیزات و ادوات جنگی می‌تواند سرنوشت یک کشور را تحت‌تأثیر قرار دهد.

چارچوب‌های معماری امنیت نظیر TOGAF، SABSA و OSA شامل مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها و اصول به‌منظور کسب سطح استانداردی از امنیت هستند. به‌کارگیری یک معماری امنیتی مناسب می‌تواند اطلاعات حیاتی یک سازمان نظامی را در مقابل نفوذ محافظت کند. استفاده از توانمندی‌های فناوری بلاک‌چین در راستای استفاده از معماری‌های امنیتی می‌تواند سطح جدیدی از امنیت را برای حوزه‌های دفاعی فراهم نماید.

یکی از حوزه‌هایی که امروزه امنیت در آن اهمیت بسزایی پیدا کرده است حوزه پهپادهای رزمی است. به‌کارگیری فنّاوری بلاک‌چین در حوزه امنیت پهپاد موردتوجه پژوهشگران مختلفی قرار گرفته است. به‌عنوان نمونه در یک پژوهش انجام‌شده در این حوزه با استفاده از فناوری بلاک‌چین، امنیت انتقال سیگنال از کنترل‌کننده به پهپاد ارتقا داده می‌شود [16]. در یک پژوهش دیگر که توسط گلم[1] و همکاران انجام‌شده است یک معماری هوشمند بر پایه شبکه عصبی با استفاده از فناوری بلاک‌چین پیشنهادشده است که برای شناسایی و ردیابی پهپادهای غیرقانونی مورداستفاده قرار می‌گیرد [17]. در یک پژوهش دیگر از بلاک‌چین خردشده[2] به‌منظور بالابردن قابلیت مقیاس‌پذیری و کاهش سربار ذخیره‌سازی در حوزه کنترل پهپادها استفاده می‌کند [18].

برخی دیگر از پژوهش‌ها، چالش‌های موجود در پهپادهای جمعی رزمی[3] را مورد بررسی قرار داده‌اند [19]. ویژگی‌های نظیر غیرمتمرکز بودن، غیر قابل دست‌کاری بودن و قابل‌ردیابی بودن فناوری بلاک‌چین این امکان را فراهم می‌کند که به طور مؤثر در حوزه امنیت پهپادهای جمعی در حوزه رزم قابل‌استفاده و مفید باشد.

[1] Golam
[2] Sharding-enabled blockchain
[3] Drone swarm warfare

4-1-2. اینترنت اشیا میدان نبرد

امروزه نقش نیروی انسانی در عملیات نظامی در حال کم‌رنگ‌شدن است و به‌زودی فناوری‌های پیشرفته‌ی جایگزین تسلیحات سنتی خواهد شد. علاوه بر این، قدرت عملیاتی نیروی انسانی شرکت‌کننده در عملیات رزمی با استفاده از انواع تجهیزات هوشمند نظیر فناوری‌های پوشیدنی در حال افزایش است اینترنت اشیا میدان نبرد به‌عنوان نماینده‌ای از نسل جدید فناوری اطلاعات توسط اکثر نیروهای نظامی در دنیا پذیرفته‌شده است. اینترنت اشیا میدان نبرد یک جزء ضروری در رشد یک اکوسیستم است که امکان قضاوت سریع و دقیق برای برقراری ارتباط در میدان نبرد را فراهم می‌کند. این فناوری در کنار مزایا با چالش‌های متعددی نیز روبه‌رو است. بلاک‌چین با سه ویژگی تمرکززدایی، یکپارچگی و ناشناس بودن می‌تواند برخی از این چالش‌ها را مرتفع نماید.[20] به‌عنوان نمونه، یکی از پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه سعی نموده است که چالش امنیت و مقیاس‌پذیری این فناوری را از طریق یک چارچوب جدید مبتنی بر بلاک‌چین با نام IoBTChain مرتفع نماید [21]. در پژوهشی دیگر نیز یک راه‌حل مبتنی بر فناوری بلاک‌چین به‌منظور برقراری امنیت سایبری در فرایند ارتباطی بین اشیا ارائه‌شده است[22] . در این مقاله استفاده از معماری C4ISR در کنار فناوری بلاک‌چین به‌منظور افزایش توانایی‌های فرماندهی و کنترل و قابلیت‌های نظارت الکترونیکی یادشده است. یکی دیگر از پژوهش‌های این حوزه، چالش‌های موجود در حوزه پهپادهای رزمی به‌عنوان یکی از حوزه‌های اینترنت اشیا میدان نبرد را مورد بررسی قرار داده است[23] . در این پژوهش یک معماری مبتنی بر بلاک‌چین به‌منظور شناسایی و پیگیری پهپادهای غیرمجاز ارائه می‌دهد.

4-1-3. سامانه‌های خودمختار نظامی

سامانه‌های خودمختار یک صنعت رو به تکامل در حوزه نظامی است. علاقه صنایع نظامی به این نوع سامانه‌ها از دهه‌های گذشته وجود داشته است به‌نحوی که نسل چهارم جنگ‌ها با استفاده از این سامانه‌ها معنی پیدا می‌کند. این سامانه‌ها فرصت‌های متعدد، مهم و گسترده‌ای در حوزه نظامی فراهم می‌کنند. خودمختاری به طیفی از خودکارسازی اطلاق می‌شود که در آن امکان تصمیم‌گیری مستقل برای یک مأموریت مشخص فراهم گردد. سطوح استقلال می‌تواند شامل کمک اپراتور با کنترل از راه دور، خودکارسازی جزئی، خودکارسازی شرطی، خودکارسازی زیاد یا خودکارسازی کامل باشد. پیشرفت‌های فناوری، استفاده از سامانه‌های خودمختار مانند وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (پهپاد) را در عملیات نظامی و دیگر

ارتباطات مهم نظامی امکان‌پذیر کرده است[24] . بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه بر روی پهپادها به‌عنوان یک سامانه‌ی خودمختار تمرکز نموده‌اند. در پژوهشی که توسط غریبی و همکاران انجام‌شده است از بلاک‌چین به‌منظور ایجاد یک شبکه امن، غیرمتمرکز و مقیاس‌پذیر برای ارتباط پهپادها استفاده‌شده است[25] . در یک پژوهش دیگر از پهپادها به‌عنوان یک سامانه خودمختار در فرایند شناسایی سربازان مجروح شده در صحنه نبرد استفاده‌شده است. به دلیل رویکرد مبتنی بر پردازش تصویر این راهکار، نیاز پردازشی این راهکار از طریق سرورهای لبه‌ای تأمین می‌شود. در اینجا نیز به دلیل ایجاد امنیت در این فرایند و ایجاد یک شبکه قابل‌اعتماد از فناوری بلاک‌چین بهره برده می‌شود[26] .

4-1-4. ارتباطات نظامی

ارتباطات نظامی شامل تمام جنبه‌های ارتباطی یا مخابره اطلاعات توسط نیروهای مسلح می‌شود. نمونه‌هایی از ارتباطات نظامی شامل ارسال متن، صدا، دورنگار، ارتباطات زمینی تاکتیکی، سیگنال‌دهی دریایی، مایکروویو زمینی، سامانه‌ها و تجهیزات ارتباطات ماهواره‌ای، نظارت و تجزیه‌وتحلیل سیگنال، جهت‌یابی و پارازیت می‌شود. ارتباطات نظامی از دیرباز نقش مهمی در صحنه نبرد ایفا نموده است. فرماندهی و کنترل نظامی برای عملکرد مؤثر، به شبکه ارتباطی پیچیده‌ای از تجهیزات، کارکنان و پروتکل‌های ارتباطی برای انتقال اطلاعات بین نیروها نیاز دارد.

عمده‌ی پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه سعی نموده‌اند که با استفاده از فناوری بلاک‌چین سطح امنیت در ارتباطات نظامی را ارتقا دهند؛ لذا اکثر این پژوهش در دسته‌ی امنیت نظامی نیز جای می‌گیرند. به‌عنوان نمونه دریکی از پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه یک شبکه بسیار امن ارتباطی نظامی بر پایه‌ی بلاک‌چین معرفی می‌شود که امکان حملات سایبری و دست‌کاری داده‌ها را تا سطح قابل‌قبولی کاهش می‌دهد[27] . در پژوهشی دیگر یک شبکه ارتباطی کارآمد و ایمن از طریق ادغام فناوری بلاک‌چین با شبکه نسل ششم (6G) تلفن همراه ارائه‌شده است[28] .

4-1-5. آماد نظامی

آماد در حوزه نظامی شامل کلیه فعالیت‌های لازم در پشتیبانی از واحدهای رزمی، ازجمله حمل‌ونقل، تأمین، توزیع، ابقاء، و تخلیه است؛ لذا آماد شامل حجم عظیمی از برنامه‌ریزی‌ها و فعالیت‌های فیزیکی است. بخش قابل‌توجهی از مطالعات انجام‌شده در این حوزه مرتبط با حوزه آماد نظامی است. مدیریت زنجیره‌ی تأمین یکی از زیرشاخه‌های مهم آماد است که شامل فرایندهای تولید و توزیع قطعات است[29] . فنّاوری بلاک‌چین با ارائه‌ی ویژگی‌هایی نظیر شفافیت، قابلیت ردیابی و امنیت می‌تواند در ارائه راه‌حل مدیریت زنجیره تأمین پایدار مفید باشد[30] . یکی از چالش‌های این حوزه وجود محصولات تقلبی در فرایند زنجیره تأمین است. وزارت دفاع ایالات متحده تخمین می‌زند که بیش از 15 درصد قطعات یدکی تقلبی در حوزه سلاح و وسایل نقلیه نظامی وجود دارد. در یک پژوهش انجام‌شده در این حوزه یک مدل مفهومی بر پایه بلاک‌چین ارائه‌شده است که هدف آن ردیابی حرکت قطعات یدکی از تأمین‌کننده ردیف اول تا تحویل به مشتری نهایی است[31] [32]. در یک پژوهش دیگر یک کنسرسیوم بلاک‌چین نظامی جدید برای حمل‌ونقل در حوزه دفاعی پیشنهاد می‌کند[33] . بدین منظور لایه‌های مختلفی از بلاک‌چین معرفی می‌شود تا امکان تسلط بر حوزه زنجیره تأمین را فراهم نماید.

4-1-6. فرماندهی و کنترل

فرماندهی و کنترل از گذشته توسط تحلیل‌گران و کارشناسان نظامی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های عرصه نبرد و همچنین به‌عنوان ابزاری اساسی برای استفاده کاربر از تجهیزات نظامی شناخته‌شده است. به‌علاوه، نیاز به سامانه‌های فرماندهی و کنترل در عرصه‌های جدید جنگی باوجود نیاز روزافزون به اطلاعات لحظه‌ای و تصمیم‌گیری سریع در محیط‌هایی که به‌سرعت تغییر می‌کنند بیش از انواع قبلی جنگ‌ها احساس می‌شود. برای انجام مأموریت‌های نظامی، فرماندهان باید قادر به فرماندهی و کنترل بسیاری از فعالیت‌های نیروهای خود باشند. بر اساس تعریف DOD، فرماندهی و کنترل عبارت است از اعمال اقتدار و هدایت توسط یک فرمانده با طراحی مناسب بر نیروهای تعیین‌شده در انجام مأموریت.

برخی از پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه از فناوری بلاک‌چین به‌منظور تسهیل در فرایند فرماندهی و کنترل بهره برده‌اند. به‌عنوان نمونه در پژوهش انجام‌شده توسط ریز من[1]، یک چارچوب مبتنی بر بلاک‌چین به‌منظور کنترل ترافیک هوایی به‌صورت امن پیشنهاد می‌نماید[34] .

4-1-7. جنگ ترکیبی

جنگ ترکیبی یک راهبرد نظامی است که برای اولین‌بار توسط فرانک هافمن ارائه شد و در آن جنگ سیاسی، جنگ متعارف، جنگ نامنظم و جنگ سایبری با روش‌های تأثیرگذار دیگر مانند اخبار جعلی، دیپلماسی، قانون و مداخله انتخاباتی

[1] Reisman

خارجی ترکیب می‌شوند. به بیان ساده‌تر، جنگ ترکیبی مستلزم تداخل یا ادغام ابزارهای متعارف و غیرمتعارف قدرت و ابزارهای براندازی است. این ابزارها به روشی هماهنگ ترکیب می‌شوند تا از آسیب‌پذیری‌های دشمن استفاده کنند و به هم‌افزایی دست یابند. بررسی انجام‌شده در این حوزه نشان می‌دهد که صرفاً یک پژوهش در این دسته جای می‌گیرد که باتوجه‌به پتانسیل فناوری بلاک‌چین در این بخش پژوهش‌های انجام‌شده قابل‌توجه نیست.

در تنها پژوهشی که در این بخش انجام‌شده است نقش فناوری بلاک‌چین در جنگ‌های ترکیبی و تهدیدات ناشی از آن مورد بررسی قرار گرفته است[35] . این پژوهش نقش رو به‌شتاب چین و روسیه در حوزه جنگ‌های ترکیبی و تهدیدات این دو کشور بر کشورهای غربی را مورد بررسی قرار داده است.

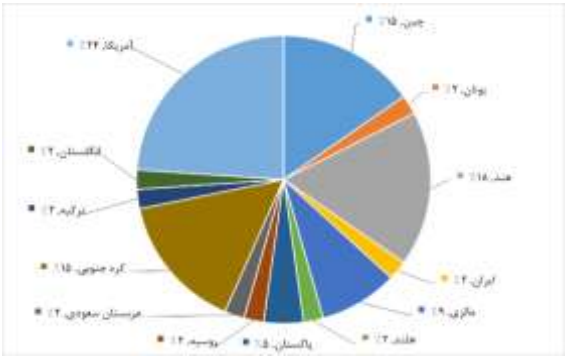
4-1-8. شبیه‌سازهای نظامی

امروزه محیط‌های شبیه‌سازی‌شده ظرفیت ایجاد آموزش‌های در دسترس و مقرون‌به‌صرفه‌تر را برای کارکنان نظامی افزایش می‌دهند. شبیه‌سازی نظامی می‌تواند سناریوهایی را بازآفرینی کند که راه‌اندازی آن‌ها در یک محیط فیزیکی واقعی پیچیده و پرهزینه است. شبیه‌سازی نظامی به‌عنوان یک اصطلاح کلی می‌تواند طیف گسترده‌ای از رویکردها و فعالیت‌های مختلف را پوشش دهد. شبیه‌سازی‌ها می‌توانند صرفاً فرایندهای تحلیلی و مبتنی بر داده باشند که در تحقیق، توسعه، آزمون و ارزیابی استفاده می‌شوند. از طرف دیگر، شبیه‌سازهای آموزش نظامی می‌توانند جنبه‌هایی از واقعیت مجازی و واقعیت افزوده را با مدل‌ها و محیط‌های رایانه‌ای برای سناریوهای تعاملی و غوطه‌وری که کاربران نهایی را برای چیزهای واقعی آماده می‌کنند، در برگیرند. نوع دوم برای پاسخگویی به انواع نیازهای آموزشی، از مهارت‌های جنگی گرفته تا لجستیک قابل‌استفاده است. با تبدیل مؤلفه‌های ضروری آموزش به تجربیات شبیه‌سازی‌شده در اطراف کارآموزان، می‌توان تا حد زیادی زمان و هزینه‌های مربوط به آموزش دفاعی سنتی را کاهش داد.

در یک پژوهش انجام‌شده در این حوزه یک شبیه‌ساز مبتنی بر فناوری بلاک‌چین به‌منظور شبیه‌سازی سناریوهای میدان نبرد ارائه‌شده است[36] . این شبیه‌ساز با عنوان FastChain در محیط NS-3 ایجادشده است و از فن بلاک‌چین خردشده برای ترکیب کارآمد منابع و ایجاد یک محیط برای اینترنت اشیا صحنه نبرد استفاده می‌کند.

4-2. شناسایی کشورهای فعال

توزیع جغرافیایی مطالعات می‌تواند به محققان کمک کند تا مکان‌های تحقیقاتی موردنظر خود را انتخاب کنند. شکل ۵ توزیع جغرافیایی مطالعه‌ها را نشان می‌دهد که در آن ۲۴ درصد از مطالعات مرتبط با ایالات متحده و پس از آن هند با 18درصد در رتبه دوم قرار دارد. چین و کره جنوبی به طور مشترک با ۱۵ درصد در رتبه سوم قرار گرفته‌اند.



شکل (5). توزیع جغرافیایی مطالعه‌ها

جدول (**14**). پژوهشگران برتر در حوزه کاربردهای نظامی بلاک‌چین

نام پژوهشگر	جنگ ترکیبی	سامانه‌های خودمختار نظامی	ارتباطات نظامی	اینترنت اشیا میدان جنگ	لجستیک نظامی	امنیت نظامی	شبیه‌سازهای نظامی	فرماندهی و کنترل	جمع
Njilla Laurent	۰	۰	۱	۴	۰	۱	۱	۰	۷
Kim Dong-Seong	۰	۰	۱	۳	۰	۲	۰	۰	۶
Akter Rubina	۰	۰	۱	۳	۰	۲	۰	۰	۶
Lee Jae Min	۰	۰	۱	۳	۰	۲	۰	۰	۶
Rawat Danda B.	۰	۰	۰	۳	۰	۰	۱	۱	۵
Golam Mohtasin	۰	۰	۰	۳	۰	۱	۰	۰	۴

جدول (**15**). ژورنال‌های برتر در حوزه کاربردهای نظامی بلاک‌چین

نام ژورنال	جنگ ترکیبی	سامانه‌های خودمختار نظامی	ارتباطات نظامی	اینترنت اشیا میدان جنگ	لجستیک نظامی	امنیت نظامی	شبیه‌سازهای نظامی	فرماندهی و کنترل	جمع
IEEE Network	۰	۱	۱	۱	۰	۲	۰	۱	۶
IEEE Internet of Things Journal	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۴
IEEE Access	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۲
IEEE Transactions on Engineering Management	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱
DigitalCommunications and Networks	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	0	۱

جدول (**16**). اجلاس‌های برتر در حوزه کاربردهای نظامی بلاک‌چین

نام اجلاس	جنگ ترکیبی	سامانه‌های خودمختار نظامی	ارتباطات نظامی	اینترنت اشیا میدان جنگ	لجستیک نظامی	امنیت نظامی	شبیه‌سازهای نظامی	فرماندهی و کنترل	جمع
International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)	۰	۱	۱	۲	۰	۲	۰	۰	۶
IEEE Military Communications Conference (MILCOM)	۰	۰	۱	۲	۰	۱	۰	۰	۴
IEEE INFOCOM 2020-IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۲
IEEE 20th International Symposium on" A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks" (WoWMoM)	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
IEEE 17th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱

4-3. شناسایی محققان فعال

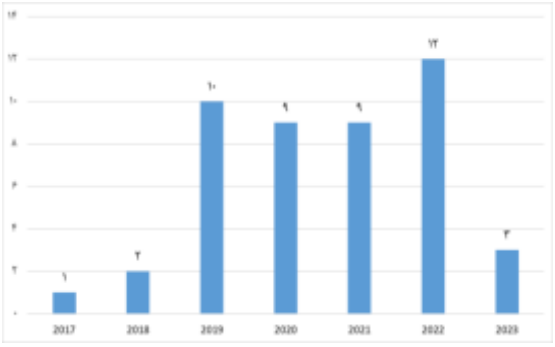
بررسی محققان پیش‌گام در این حوزه می‌تواند برای افـرادی که می‌خواهند به‌تازگی وارد این حوزه شوند مفیـد باشـد. جـدول 14، شش محقق برتر در این زمینه و تعداد مطالعات آن‌هـا را در هر یک از هشت موضوع تحقیقاتی شناسایی‌شده فهرست می‌کند.

4-4. شناسایی ژورنال‌ها و اجلاس‌های فعال

جدول 15 نیز فهرست ژورنال‌های برتر و جدول 16 فهرست اجلاس‌های مطرح در این حوزه به همراه تعداد پژوهش‌ها در هـر یک از هشت موضوع تحقیقاتی شناسایی‌شده را نمایش می‌دهد.

5. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بررسی نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه نگاشتی نظام‌منـد نشـان می‌دهد که سیر تحقیقات انجام‌شده در حوزه کاربردهـای نظـامی بلاک‌چین طی سالیان اخیر روبه‌افزایش بوده است. شکل ۶ توزیع سـالیانه ایـن مطالعـات را بـر اسـاس موضـوعات پژوهشـی شناسایی‌شده نمایش می‌دهـد. دلیـل کـاهش مطالعـات در سـال ۲۰۲۳ این است که این مطالعه در اواسـط ایـن سـال انجام‌شـده است و لذا شامل کلیه پژوهش‌های انجام‌شده در این سال نیست.



شکل (6). توزیع سالیانه پژوهش‌های انجام‌شده

ماهیت امن فناوری بلاک‌چین باعث شده است که بیشترین پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه امنیت نظامی باشد. بعد از امنیت، اینترنت اشیا میدان نبرد بیشترین علاقه پژوهشی در این حوزه محسوب می‌شود. حوزه‌های آماد، سامانه‌های خودمختار و ارتباطات در مقام بعدی قرار دارند. از طرف دیگر در دو حوزه جنگ ترکیبی و شبیه‌سازهای نظامی کمترین میزان پژوهش انجام‌شده است؛ لذا این دو حوزه به همراه حوزه فرماندهی و کنترل دارای خلأ بوده و می‌تواند عناوین پژوهشی جذابی برای پژوهشگران این حوزه در آینده باشد.

6. مراجع

[1] S. Nakamoto, “Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system,” *Decentralized Bus. Rev.*, 2008.

[2] M. Xu, X. Chen, and G. Kou, “A systematic review of blockchain,” *Financ. Innov.*, vol. 5, no. 1, p. 27, Jul. 2019, doi: 10.1186/s40854-019-0147-z.

[3] J. Alizadeh and S. M. Pournaghi, “Blockchain technology and its applications,” *Sci. J. Inf. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 57–79, Feb. 2023. (In Persian)

[4] R. Ghasemi, P. Akhavan, O. Fattahi, and M. Abbasi, “Designing an Integrated Blockchain-Based Model for Supplier-Managed Inventory,” *Supply Chain Manag.*, vol. 25, no. 78, pp. 23–36, May 2023. (In Persian)

[5] M. Nofer, P. Gomber, O. Hinz, and D. Schiereck, “Blockchain,” *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 59, no. 3, pp. 183–187, Jun. 2017, doi: 10.1007/s12599-017-0467-3.

[6] Z. Zheng, S. Xie, H.-N. Dai, X. Chen, and H. Wang, “Blockchain challenges and opportunities: a survey,” *Int. J. Web Grid Serv.*, vol. 14, no. 4, pp. 352–375, Jan. 2018, doi: 10.1504/IJWGS.2018.095647.

[7] R. Zhang, R. Xue, and L. Liu, “Security and Privacy on Blockchain,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 52, no. 3, p. 51:1-51:34, Jul. 2019, doi: 10.1145/3316481.

[8] R. Wasim Ahmad, H. Hasan, I. Yaqoob, K. Salah, R. Jayaraman, and M. Omar, “Blockchain for aerospace and defense: Opportunities and open research challenges,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 151, p. 106982, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.cie.2020.106982.

[9] M. T. Simerly and D. J. Keenaghan, “Blockchain for military logistics,” *Army Sustain.*, vol. 51, no. 4, pp. 48–49, 2019.

[10] B. A. Kitchenham, T. Dyba, and M. Jorgensen, “Evidence-based software engineering,” in *Proceedings. 26th International Conference on Software Engineering*, IEEE, 2004, pp. 273–281.

[11] K. Petersen, S. Vakkalanka, and L. Kuzniarz, “Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 64, pp. 1–18, 2015.

[12] T. Alladi, V. Chamola, N. Sahu, and M. Guizani, “Applications of blockchain in unmanned aerial vehicles: A review,” *Veh. Commun.*, vol. 23, p. 100249, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.vehcom.2020.100249.

[13] R. Wasim Ahmad, H. Hasan, I. Yaqoob, K. Salah, R. Jayaraman, and M. Omar, “Blockchain for aerospace and defense: Opportunities and open research challenges,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 151, p. 106982, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.cie.2020.106982.

[14] Y. Zhu, X. Zhang, Z. Y. Ju, and C. C. Wang, “A study of blockchain technology development and military application prospects,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1507, no. 5, p. 052018, Apr. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1507/5/052018.

[15] K. Petersen, S. Vakkalanka, and L. Kuzniarz, “Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 64, pp. 1–18, Aug. 2015, doi: 10.1016/j.infsof.2015.03.007.

[16] T. Rana, A. Shankar, M. K. Sultan, R. Patan, and B. Balusamy, “An Intelligent approach for UAV and Drone Privacy Security Using Blockchain Methodology,” in *2019 9th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)*, Jan. 2019, pp. 162–167. doi: 10.1109/CONFLUENCE.2019.8776613.

[17] M. Golam, R. Akter, R. Naufal, V.-S. Doan, J.-M. Lee, and D.-S. Kim, “Blockchain Inspired Intruder UAV Localization Using Lightweight CNN for Internet of Battlefield Things,” in *MILCOM 2022 - 2022 IEEE Military Communications Conference (MILCOM)*, Nov. 2022, pp. 342–349. doi: 10.1109/MILCOM55135.2022.10017795.

[18] B. Ghimire, D. B. Rawat, C. Liu, and J. Li, “Sharding-Enabled Blockchain for Software-Defined Internet of Unmanned Vehicles in the Battlefield,” *IEEE Netw.*, vol. 35, no. 1, pp. 101–107, Jan. 2021, doi: 10.1109/MNET.011.2000214.

[19] G. Chen, Y. Li, Z. Sang, and H. Li, “Research of drone swarm warfare application based on BlockChain,” in *2nd International Conference on Information Technology and Intelligent Control (CITIC 2022)*, SPIE, Sep. 2022, pp. 296–302. doi: 10.1117/12.2653838.

[20] A. Mohammadi, “Investigating the Functional Integration of Blockchain and its Role in the IoT,” vol. 1, no. 1, pp. 1–25, Apr. 2021. (In Persian)

[21] W. Lang, D. Shan, H. Zhang, S. Wei, and L. Yu, “IoBTChain: an Integration Framework of Internet of Battlefield Things (IoBT) and Blockchain,” in *2020 IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)*, Jun. 2020, pp. 607–611. doi: 10.1109/ITNEC48623.2020.9085227.

[22] G. Sharma, D. K. Sharma, and A. Kumar, “Role of cybersecurity and Blockchain in battlefield of things,” *Internet Technol. Lett.*, vol. 6, no. 3, p. e406, 2023, doi: 10.1002/itl2.406.

[23] M. Golam, R. Akter, E. A. Tuli, D.-S. Kim, and J.-M. Lee, “Lightweight Blockchain Assisted Unauthorized UAV Access Prevention in the Internet of Military Things,” in *2022 13th International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, Oct. 2022, pp. 890–894. doi: 10.1109/ICTC55196.2022.9953024.

[24] P. Angin, “Blockchain-Based Data Security in Military Autonomous Systems,” *Avrupa Bilim Ve Teknol. Derg.*, pp. 362–368, Nov. 2020, doi: 10.31590/ejosat.824196.

[25] E. Ghribi, T. T. Khoei, H. T. Gorji, P. Ranganathan, and N. Kaabouch, “A Secure Blockchain-based Communication Approach for UAV Networks,” in *2020 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT)*, Jul. 2020, pp. 411–415. doi: 10.1109/EIT48999.2020.9208314.

[26] M. Masuduzzaman, A. Islam, T. Rahim, and S. Young Shin, “Blockchain-Assisted UAV-Employed Casualty Detection Scheme in Search and Rescue Mission in the Internet of Battlefield Things,” in *2020 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, Oct. 2020, pp. 412–416. doi: 10.1109/ICTC49870.2020.9289476.

[27] R. Akter, S. Bhardwaj, J. M. Lee, and D.-S. Kim, “Highly Secured C3I Communication Network Based on Blockchain Technology for Military System,” in *2019 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, Oct. 2019, pp. 780–783. doi: 10.1109/ICTC46691.2019.8939813.

[28] S. Aggarwal, N. Kumar, and S. Tanwar, “Blockchain-Envisioned UAV Communication Using 6G Networks: Open Issues, Use Cases, and Future Directions,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, no. 7, pp. 5416–5441, Apr. 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3020819.

[29] S. H. Mir Ghafouri and O. Baharestan, “Investigating the impact of information technology and knowledge management on supply chain agility,” *Supply Chain Manag.*, vol. 18, no. 52, pp. 45–59, Aug. 2016. (In Persian)

[30] S. R. Hoseini, G. Tari, S. A. Davodi, and M. Shafiee, “Examining the Factors Affecting the Sustainable Supply Chain with the Blockchain Approach Based on Cognitive Map,” *Supply Chain Manag.*, vol. 24, no. 77, pp. 23–39, Feb. 2023. (In Persian)

[31] S. B. Rahayu, N. D. Kamarudin, and A. M. Azahari, “MILITARY BLOCKCHAIN FOR SUPPLY CHAIN MANAGEMENT”.

[32] S. B. Rahayu, N. Jusoh, M. H. M. Halip, S. M. Taib, and M. G. Lee, “A Conceptual Model of Military Blockchain for Repair Parts Supply Chain Management,” in *2021 International Conference on Computer & Information Sciences (ICCOINS)*, Jul. 2021, pp. 146–150. doi: 10.1109/ICCOINS49721.2021.9497227.

[33] S. S. Et.al, “Consortium Blockchain for Military Supply Chain,” *Turk. J. Comput. Math. Educ. TURCOMAT*, vol. 12, no. 3, Art. no. 3, Apr. 2021, doi: 10.17762/turcomat.v12i3.1011.

[34] R. J. Reisman, “Air Traffic Management Blockchain Infrastructure for Security, Authentication, and Privacy,” San Diego, CA, Jan. 2019. Accessed: Jul. 26, 2023. [Online]. Available: https://ntrs.nasa.gov/citations/20190000022

[35] J. Matisek and W. VornDick, “Bitcoin’s Blockchain Technology for Hybrid Warfare: Laws to the Rescue?,” *J. Inf. Warf.*, vol. 18, no. 1, pp. 56–68, 2019.

[36] U. Khakurel, D. Rawat, and L. Njilla, “FastChain: Lightweight Blockchain with Sharding for Internet of Battlefield-Things in NS-3,” in *2019 IEEE International Conference on Industrial Internet (ICII)*, Nov. 2019, pp. 241–247. doi: 10.1109/ICII.2019.00050.