

بررسی و تحلیل پروژه های بلاک چین در مدیریت زنجیره تامین

چکیده

زنجیره های تامین به طور فزاینده ای پیچیده شده اند که این امر تضمین شفافیت در کل زنجیره تامین را دشوار می سازد. در این زمینه، رویکردهای اولیه مطرح شده، ویژگی های تغییرناپذیر، غیرمتمرکز و امن فناوری بلاک چین را برای افزایش شفافیت، امنیت، اصالت و قابلیت حسابرسی دارایی ها در زنجیره های تامین اتخاذ می نمایند. مقاله حاضر با بررسی مقالات اخیر، فناوری بلاک چین و مدیریت زنجیره تامین را با هم ترکیب نموده و آن ها را با توجه به پیچیدگی که باید در بلاک چین ترسیم گردند دسته بندی می کند. در نتیجه، افزایش شفافیت زنجیره تامین به عنوان هدف اصلی پروژه های اخیر بلاک چین در مدیریت زنجیره تامین مشخص شده است. لذا، اکثر مقالات اخیر با زنجیره های تامین و محصولات ساده سر و کار دارند. رویکردهای معدودی با بخش های پیچیده ای سر و کار دارند که تنها نواحی تابعه زنجیره های تامین را ترسیم می نمایند. در حال حاضر، هیچ نمونه ای وجود ندارد که هدف آن افزایش شفافیت زنجیره های تامین تولید پیچیده باشد که نگاشت فرآیندهای مونتاژ پیچیده، قابلیت حسابرسی کارآمد همه دارایی ها، و پباده سازی اصلاحات پویا را ممکن می سازد.

کلیدواژگان: بلاک چین، مدیریت زنجیره تامین، شفافیت، زنجیره های تامین پیچیده، بررسی سیستماتیک یا نظام

مند

۱. مقدمه

شرکت ها باید با منافع رو به رشد مشتریان، دولت ها، و سازمان های غیردولتی در داشتن شفافیت بیشتر برند، سازندگان و تولید کنندگان در سراسر زنجیره تامین رو به رو شوند [۱، ۲]. در نتیجه، مسائل پایداری اجتماعی و زیست محیطی برای تولید کنندگان به طور فزاینده ای مهم شده اند تا شهرت بی نقص برند آنان حفظ گردد [۳]. علاوه بر ریسک درگیری ناخواسته در مسائل پایداری اجتماعی و زیست محیطی، فقدان شفافیت زنجیره تامین نیز

احتمال معرفی مولفه های ساختگی را به زنجیره تامین افزایش می دهد. به عنوان مثال، جعل بخش های الکترونیکی، ریسک های بالقوه ای مانند ایمنی و از دست دادن سود شرکت ها موجب شده و شهرت تولیدکنندگان و توزیع کنندگان را بدنام می نماید [4-6]. به گفته ماچادو و همکاران [7]، کنترل و اعتماد در زنجیره تامین پس از یکپارچه سازی خریداران و تامین کنندگان به منظور اجتناب از شیوه های مضر، جنبه های اولیه اجباری محسوب می شوند. با این حال، دستیابی به شفافیت کامل و تشخیص مولفه های ساختگی بسیار پیچیده بوده و امری پرهزینه است [4، 7، 8]. چن و همکاران [2] اظهار داشتند که ایجاد پایگاه داده های عمومی کاملاً نظارت شده برای تبادل اطلاعات درباره هویت تامین کنندگان و سوابق تبعیت از قوانین در نهایت مسائل شفافیت و پایداری زنجیره های تامین جهانی را حل می کند. برای غلبه بر این چالش های شفافیت در زنجیره های تامین، تحقیقات اخیر و پروژه های صنعتی به بررسی استفاده از فناوری بلاکچین در این حوزه خاص پرداختند [9-12].

فناوری بلاکچین را می توان فناوری برای پردازش و تایید تراکنش داده ها بر اساس شبکه نظیر به نظیر توزیع شده تعریف نمود. این فناوری از رویه های رمزنگاری، الگوریتم های مورد اجماع، و بلوک های مرتبط با عقب برای انجام معاملات عملاً تغییرناپذیر استفاده می کند [13]. این فناوری برای نخستین بار توسط فردی متخلص به ساتوشی ناکاموتو در سال ۲۰۰۸ معرفی شد، که مقاله سفید مشهور بیتکوین را منتشر کرد و در نتیجه فناوری بلاکچین را با هدف تغییر بخش مالی سنتی و غیر ضروری نمودن اشخاص ثالث مورد اعتماد معرفی کرد [14]. در سال ۲۰۱۳، ویتالیک بوترین مقاله سفید اتریوم را منتشر کرد و بدین ترتیب ایده بیتکوین را بسط داد. در مقایسه با بیتکوین، پروتکل اتریوم با استفاده از فناوری بلاکچین به عنوان یک واحد پول فراتر حرکت می کند. اتریوم بلاکچینی با زبان برنامه نویسی تورینگ کامل کاملاً تکامل یافته است [15]. تورینگ کامل یک مفهوم ریاضی را توصیف می کند و معیاری برای محاسبه پذیری یک زبان برنامه نویسی است. طراحی زبان تورینگ کامل شامل سازه های پیچیده ای مثل حلقه ها و شروطی است که ایجاد برنامه های عمومی را ممکن می سازند [16]. بنابراین، بوترین [15] واژه قرارداد هوشمند را با برنامه های کاربردی غیرمتمرکز مبتنی بر بلاکچین ابداع نمود.

برنامه های کاربردی غیرمتمرکز مبنایی را برای موارد مصرف مبتنی بر بلاکچین در خارج از بخش مالی تشکیل می دهند. در این زمینه، رویکردهای اولیه مطرح شده ویژگی های تغییرناپذیر، غیرمتمرکز و امن فناوری بلاکچین را برای افزایش شفافیت، امنیت، اصالت و قابلیت حسابرسی دارایی ها در زنجیره های تامین، اتخاذ می نمایند [۹، ۱۷]. با این حال، بلاکچین در زنجیره تامین، بلاکچین در تدارکات و حمل و نقل، و قراردادهای هوشمند اکنون در اوج انتظارات بالای خود بوده که منجر به این فرض شده که زنجیره های تامین هرگونه پیچیدگی را می توان در بلاکچین ترسیم نمود [۱۸].

این مقاله با بررسی مقالات اخیر، فناوری بلاکچین و مدیریت زنجیره تامین را با هم ترکیب نموده و آن ها را با توجه به پیچیدگی که باید در بلاکچین ترسیم گردند دسته بندی می کند. هدف، دستیابی به دستاوردهای پیشرفته و علمی و شناسایی خلاءهای تحقیقاتی حاضر است. نخست، مروری کامل بر مقالات مربوطه انجام گرفت. متعاقباً مقالاتی که با بخش های پیچیده سر و کار دارند، با توجه به پیچیدگی مورد بررسی، به صورت دقیق طبقه بندی و تجزیه و تحلیل شدند.

۲. روش شناسی

رویکرد بررسی ادبیات که در این مقاله انجام پذیرفته، بررسی نیمه نظام مندی است. این مقاله در پی ترسیم رویکردها یا موضوعات نظری و نیز شناسایی شکاف های دانش موجود در ادبیات است [۱۹]. این مقاله حاوی انتخاب نظام مند منابعی است که ارزیابی را بر اساس معیارهای تعریف شده ممکن می سازد. در این زمینه، این موارد شامل توصیف صریح انواع منابعی است که باید برای محدود کردن سوگیری انتخاب در بخش بازیین لحاظ شود [۲۰]. پایگاه داده های ادبیات IEEE Explore، Springer Publishing، Scopus، مجلات آکادمیک چین، و کتابخانه دانشگاه استلنبوش و دانشگاه روتلینگن با استفاده از کلیدواژگان: مدیریت زنجیره تامین، فناوری بلاکچین، و قراردادهای هوشمند مورد جستجو قرار گرفتند. متعاقباً، تنها مقالات ۲۰۱۸ به بعد لحاظ شده و به صورت دقیق مورد بررسی قرار گرفتند. از آنجایی که هدف این مقاله بررسی پیچیدگی محصول / زنجیره تاملینی است که باید در

بلاک چین ترسیم گردد، مقالات بر اساس پروژه، تکامل، صنعت، هدف پروژه، وضعیت محصول و ساختار محصول طبقه بندی می شوند.

۳. تحلیل پروژه های بلاک چین در مدیریت زنجیره تامین

این بخش ابتدا اصطلاحات مورد استفاده برای طبقه بندی ادبیات مربوطه را توصیف می نماید. سپس بررسی کلی ارائه می شود که نمایانگر طبقه بندی همه منابع مورد بررسی است. جدول ۱ اصطلاحات مربوطه را برشمرده و تعریف می نماید.

جدول ۲ نام نویسی همه مقالات را نشان می دهد. در کل ۴۳ مقاله معیارهای کیفی مفاهیم دقیق و یا تکامل پروژه را برآورده نموده و با توجه به معیارهای جدول ۱ طبقه بندی می شوند.

جدول ۱. طبقه بندی با توجه به پیچیدگی مورد بررسی.

اصطلاح	تعریف
قابلیت دید	میزانی که فعالان در [تاکید مضاعف] یک زنجیره تامین به اطلاعات دسترسی داشته و یا آن را به اشتراک گذاشته و آن ها را برای عملیات خود کلیدی یا مفید می دانند و به نظر آن ها منفعت دوجانبه است [۲۱].
شفافیت	شفافیت زنجیره تامین، به روش مقایسه، جنبه قابلیت دید زنجیره تامین را برای افشای همه اطلاعات به کل ذینفعان، از جمله مشتریان، گسترش می دهد [۲۲]. به گفته خان و یو [۲۳] شفافیت حتی توانایی مشتریان برای دسترسی به اطلاعات را بدون مشارکت فعال در چشم انداز یا معماری سیستم زنجیره تامین شامل می شود.
اتوماسیون	در این زمینه، واژه مزبور اتوماسیون فرآیندهای زنجیره تامین را توصیف می کند.
واسطه زدایی	در این زمینه، واسطه زدایی حذف مراحل فردی را در زنجیره ارزش توصیف می کند.
مونتاژ یا همگذاری	نگاشت بخش های با توانایی تغییر ترکیبات مدولار خود در طول زنجیره تامین را توصیف می کند.
تبدیل	به رویدادهایی اطلاق می گردد که می توانند مواد خام، اجزای واسطه و یا محصولات نهایی را بدون تغییر ترکیب مدولار آن ها تغییر داده و یا بر آن ها تاثیر بگذارد (مانند مراحل پردازش یا تیمارهای دما).
محصول نهایی	محصولاتی که هیچ تغییری را در ترکیب مدولار یا فرآیندهای تبدیل خود را تجربه نمی کنند.
بخش های	دسته بندی برای بخش هایی که ترکیب مدولار خود را تغییر نداده اما می توانند رویدادهای

منفرد	تبدیل را تجربه کنند.
بخش های پیچیده	دسته بندی برای بخش هایی که می توانند تغییراتی را در ترکیب مدولار خود تجربه کنند.

جدول 2. طبقه بندی با توجه به پیچیدگی مورد بررسی.

منبع	ساختار محصول	وضعیت محصول	هدف پروژه	حوزه صنعتی	تکامل پروژه	سال	شماره
24	بخش های پیچیده	همگذاری	قابلیت دید، اتوماسیون	خودرو	مقدماتی	2019	1
25	بخش های مجزا	تبدیل	اتوماسیون	تولید	آزمایش	2018	2
26	بخش های پیچیده	محصول نهایی	شفافیت	مواد غذایی	آزمایش	2018	3
27	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت	تجارت الکترونیک	آزمایش	2018	4
28	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت	بهداشت و درمان	آزمایش	2019	5
29	بخش های مجزا	تبدیل	شفافیت	مواد غذایی	آزمایش	2019	6
30	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت، واسطه زدایی	مواد غذایی	مفهوم	2019	7
31	بخش های مجزا	تبدیل	شفافیت	مواد غذایی	آزمایش	2020	8
32	بخش های مجزا	تبدیل	شفافیت	مواد غذایی	آزمایش	2019	9
33	بخش های مجزا	محصول نهایی	قابلیت دید، اتوماسیون	بهداشت و درمان	مقدماتی	2017	10
34	بخش های مجزا	تبدیل	شفافیت	مواد غذایی	صنعتی شدن	2018	11
5	بخش های مجزا	محصول نهایی	قابلیت دید، واسطه زدایی	حمل و نقل	صنعتی شدن	2019	12
36	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت	مواد غذایی	مقدماتی	2019	13
37	بخش های پیچیده	همگذاری	شفافیت	خودرو	آزمایش	2019	14
38	بخش های	همگذاری	شفافیت	خودرو	آزمایش	2019	15

						پیچیده	
39	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت	مواد غذایی	مقدماتی	2019	16
40	بخش های مجزا	محصول نهایی	قابلیت دید، اتوماسیون	تجارت الکترونیک	آزمایش	2019	17
41	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت	خرده فروشی	آزمایش	2017	18
42	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت، اتوماسیون	حمل و نقل	آزمایش	2019	19
43	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت، اتوماسیون	بهداشت و درمان	آزمایش	2019	20
44	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت، اتوماسیون	مواد غذایی	آزمایش	2019	21
45	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت	تجارت الکترونیک	آزمایش	2019	22
46	بخش های پیچیده	همگذاری	شفافیت	تولید	آزمایش	2019	23
47	بخش های مجزا	تبدیل	شفافیت	مواد غذایی	مقدماتی	2018	24
48	بخش های مجزا	محصول نهایی	قابلیت دید، اتوماسیون	تجارت الکترونیک	مفهوم	2019	25
49	بخش های مجزا	تبدیل	شفافیت	مواد غذایی	آزمایش	2020	26
50	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت	بهداشت و درمان	آزمایش	2020	27
51	بخش های مجزا	تبدیل	قابلیت دید، اتوماسیون	تولید	مفهوم	2018	28
52	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت	مواد غذایی	مقدماتی	2019	29
53	بخش های پیچیده	همگذاری	شفافیت	تولید	آزمایش	2019	30
54	بخش های مجزا	محصول نهایی	اتوماسیون	مواد غذایی	آزمایش	2019	31
55	بخش های مجزا	تبدیل	شفافیت، اتوماسیون	مواد غذایی	آزمایش	2018	32
56	بخش های مجزا	تبدیل	شفافیت	مواد غذایی	مفهوم	2018	33
57	بخش های مجزا	تبدیل	شفافیت	مواد غذایی	آزمایش	2020	34
58	بخش های مجزا	تبدیل	شفافیت، واسطه زدایی	مواد غذایی	مفهوم	2019	35
59	بخش های مجزا	محصول نهایی	شفافیت، واسطه زدایی	مواد غذایی	آزمایش	2019	36
60	بخش های مجزا	تبدیل	قابلیت دید	بهداشت و درمان	آزمایش	2020	37

38	2019	آزمایش	مواد غذایی	شفافیت، اتوماسیون	محصول نهایی	بخش های مجزا	61
39	2019	آزمایش	مواد غذایی	شفافیت	همگذاری	بخش های پیچیده	62
40	2019	آزمایش	مواد غذایی	شفافیت	محصول نهایی	بخش های مجزا	63
41	2018	آزمایش	تجارت الکترونیک	شفافیت، اتوماسیون	محصول نهایی	بخش های مجزا	64
42	2019	آزمایش	مواد غذایی	قابلیت دید، واسطه زدایی	محصول نهایی	بخش های مجزا	65
43	2019	آزمایش	تولید	شفافیت	تبدیل	بخش های مجزا	66

مطابق جدول ۳، پروژه های بلاک چین در حوزه زنجیره های تامین مواد غذایی مهم ترین صنعت هستند. پس از آن، تولید، بهداشت و درمان و تجارت الکترونیکی قرار دارند.

جدول 3. بررسی اجمالی صنعت.

مجموع	حوزه صنعتی
22	مواد غذایی
8	تولید خودرو
5	بهداشت و درمان
5	تجارت الکترونیکی
2	حمل و نقل
1	خرده فروشی

با توجه به هدف پروژه که در جدول ۴ ارائه شده، افزایش شفافیت زنجیره تامین دارای ۳۳ مقاله و معقول ترین هدف برای اتخاذ فناوری بلاک چین در مدیریت زنجیره تامین می باشد. با ۱۳ ورودی، اتوماسیون دومین هدف پروژه متداول می باشد. در مجموع هدف ۸ پروژه، افزایش قابلیت دید زنجیره تامین و ۵ پروژه دستیابی به واسطه زدایی است.

جدول 4. بررسی اجمالی هدف پروژه.

مجموع	هدف پروژه
33	شفافیت
13	اتوماسیون
8	قابلیت دید
5	واسطه زدایی

مطابق جدول ۵، اکثر مقالات با نگاشت محصولات نهایی سر و کار دارند. حداقل ۱۴ مقاله حاوی نگاشت وقایع تبدیل هستند. تنها ۷ مقاله از ۴۳ مقاله، معماری یا چارچوب های پیشرفته ای را توصیف می کنند که معیارهای نگاشت بخش های پیچیده را محقق می سازند. در بخش های زیر، مقالاتی که با نگاشت بخش های پیچیده سر و کار دارند به صورت دقیق تحلیل و طبقه بندی می شوند.

جدول 5. بررسی اجمالی پیچیدگی بخش.

مجموع	ساختار محصول	وضعیت محصول
22	بخش های مجزا	محصول نهایی
14	بخش های مجزا	تبدیل
7	بخش های پیچیده	همگذاری

3.1. طبقه بندی با توجه به پیچیدگی مورد بررسی

نگاشت جامع زنجیره های تامین تولیدی باید حاوی نگاشت مواد خام، اجزای واسطه، محصولات نهایی، و رویدادهای تبدیل باشد. در این زمینه، اجزای واسطه به اجزایی اطلاق می گردد که می توانند به وضوح شناسایی شده و در مرحله بعدی در محصول نهایی مونتاژ یا همگذاری شوند. بررسی ادبیات منجر به طبقه بندی با توجه به پیچیدگی نگاشت مورد بررسی گشته که در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول 6. طبقه بندی با توجه به پیچیدگی مورد بررسی.

روش	پیچیدگی نگاشت مورد بررسی				تکمیل پروژه	منبع
	وقایع تبدیل	محصول نهایی	اجزاء واسطه	مواد خام		

24	مقدماتی	خودرو		X	X	X	معماری
37	آزمایش	خودرو		X	X	X	معماری
26	آزمایش	مواد غذایی	X		X	X	چارچوب
38	آزمایش	خودرو		X	X	X	معماری
53	مفهوم	تولید		X	X	X	معماری
62	آزمایش	مواد غذایی	X		X	X	معماری
46	آزمایش	تولید	X	X	X		معماری

مطابق جدول ۶، هیچ یک از رویکردهای موجود قادر به نگاشت یک زنجیره تامین تولیدی جامع نیستند.

3.2. تجزیه و تحلیل رویکردهای نگاشت بلاک چین

مطابق جدول ۶، رویکردهای فعلی با نگاشت گذار از مواد خام به اجزای واسطه مشکلاتی دارند. در رویکردهای زنجیره تامین مواد غذایی فهرست شده، این گذار را می توان نادیده گرفت، چرا که در این رویکردها محصولات نهایی مستقیماً از مواد خام مختلف ترکیب می شوند. لذا، رویکردهای مزبور را می توان به عنوان راه حلی برای حل مشکلات اختلاط مواد خام دانست. با این حال، این موارد به زنجیره های تامین تولیدی که در آن ها اجزای واسطه عناصر اصلی هستند منتقل نمی شوند. مواد خام نسبت به اجزای دیگر دارای خواص متفاوتی هستند. این امر عمده‌تاً بدان علت است که آن ها می توانند به شدت به واحدهای کوچک تری تقسیم شوند. این مساله تقاضای فنی قابل ملاحظه ای را در یک معماری جامع مطرح می نماید زیرا نگاشت مواد خام نیازمند تقسیمات فرعی و هم قابلیت ردیابی واحدهای مربوطه است. در نتیجه، ردیابی و نگاشت مواد خامی نظیر کبالت، محرک اساسی بسیاری از پروژه های بلاک چین در زنجیره های تامین تولیدی است [۶۷]. رویکرد وسترکمپ و همکاران [۴۶] نمایانگر رویکردی است که اجازه تعبیه مواد خام در معماری را می دهد. لیکن، این امر منجر به کمبودهای قابل توجهی در بکارگیری آن در زنجیره های تامین تولیدی پیچیده می شود.

معماری پیشنهادی وسترکمپ و همکاران [۴۶] مشکل نگاشت فرآیندهای تولیدی پیچیده را با بکارگیری قراردادهای هوشمند که معرف دارایی ها یا دسته ها هستند حل می کند. با این حال، این قراردادهای هوشمند به طور منطقی

امتزاج نمی یابند. امتزاج فقط در سطح کد برنامه رخ داده و به صورت دستورات توکن یا نشانه بیان می شود. این امر تضمین می کند که مونتاژ نشانه ها تحت شرایط قانونی صورت می گیرد. اگر چه این رویکرد مساله همگذاری یا مونتاژ را حل می کند اما هنگام ردیابی این نشانه ها مشکل جدیدی را پدیدار می نماید. از آنجایی که هر نشانه توسط قراردادهای هوشمند مختلفی مدیریت می شود که به طور منطقی جفت نشده اند، این امر به تلاش زیادی برای مرتبط ساختن اطلاعات بین نشانه ها پس از ادغام آن ها نیاز دارد [۶۸]. به علاوه، این تفکیک منطقی، مشکلات اجرایی قابل توجهی را با افزایش پیچیدگی زنجیره تامین پدید می آورد. تغییر در یکی از قراردادهای هوشمند لاجرم منجر به بکارگیری قرارداد هوشمند جدیدی می شود. در نتیجه، همه قراردادهای توکن بعدی که باید مجدداً به کار گرفته شوند حاوی این قرارداد هوشمند تغییر یافته در دستور العمل توکن باشند. در نتیجه، تغییر در ابتدای زنجیره تامین (مثلاً در ماده خام) متعاقباً بر کل ساختار نشانه یا توکن تاثیر می گذارد. چنین ساختاری حفظ ساختار قرارداد هوشمند را به خصوص در مورد تغییرات پویا در ترکیب محصولات و یا ساختار زنجیره تامین دشوار می سازد. این تغییرات منجر به تطابق عظیمی هر یک از قراردادهای هوشمند خواهد شد. این امر منجر به تعارض کنونی بین توانمندسازی نگاشت فرآیندهای همگذاری، قابلیت حسابرسی کارآمد دارایی ها، و اجرای اصلاحات پویا در یک راه حل جامع می شود.

۴. نتیجه گیری

از فناوری بلاکچین در مدیریت زنجیره تامین صنایع مختلف استفاده می شود. در نتیجه، هدف اصلی پروژه های اخیر بلاکچین افزایش شفافیت زنجیره تامین است. الزامات ساده تر از نظر پیچیدگی محصول، برای مثال در زنجیره های تامین مواد غذایی، را می توان به طور کامل در بلاکچین ترسیم نمود. زنجیره های تامین مواد غذایی، بخش عمده ای از پروژه های بلاکچین مربوط به زنجیره تامین را در بر می گیرند. در زنجیره های تامینی که با بخش های پیچیده سر و کار دارند، هیچ راه حلی وجود ندارد که هدف آن افزایش شفافیت باشد که امکان نگاشت فرآیندهای همگذاری، قابلیت حسابرسی کارآمد همه دارایی ها، و اجرای اصلاحات پویا را فراهم می کند. مواد خام، اجزای واسطه، محصولات نهایی، و وقایع تبدیل همگی ویژگی های بسیار متفاوتی دارند و لاجرم همچنان با یکدیگر در یک

نقطه خاص از زنجیره های تامین تولیدی پیچیده تعامل داشته یا در هم ادغام می شوند. هیچ یک از مقاله علمی تحلیل نشده حاوی رویکردی نیست که زنجیره های تامین پیچیده را از مواد خام گرفته تا محصولات نهایی همراه با رویدادهای تبدیل در بر گیرد.

مشخصاً، نگاشت جامع چنین زنجیره های تاملینی برای محصولات پیچیده بیانگر چالش خاصی برای فناوری بلاکچین است. راه حل پیشنهادی وسترکمپ و همکاران [۴۶] در هنگام ردیابی بخش های پیچیده و مدیریت زنجیره های تامین، کمبودهای قابل توجهی دارد. یک معماری جامع مبتنی بر قرارداد هوشمند می تواند نقطه عطف مهمی در ایجاد ویژگی های فناوری بلاکچین دسترس پذیر برای شبکه های تولیدی پیچیده باشد. مع الوصف، جنبه های دیگری مانند مقیاس پذیری فناوری بلاکچین ممکن است کاربردهای بلاکچین را در شبکه های تولیدی پیچیده محدود سازد. این جنبه ها در مقاله حاضر لحاظ نشده و باید بیشتر مورد بررسی قرار گیرند. در حال حاضر، تحقیقات بیشتری باید توسط نویسندگان به منظور توسعه یک معماری جامع مبتنی بر قرارداد هوشمند صورت پذیرند.

References

1. New, S.: The Transparent Supply Chain (2010). <https://hbr.org/2010/10/the-transparent-supply-chain>. Accessed 2019/10/22.
2. Chen, S., Zhang, Q., Zhou, Y.-P.: Impact of Supply Chain Transparency on Sustainability under NGO Scrutiny. *Production and Operations Management* **63**(9) (2018). doi: 10.1111/poms.12973.
3. Lemke, F., Petersen, H.: Managing Reputational Risks in Supply Chains. In: Khojasteh, Y. (ed.) *Supply Chain Risk Management*, pp. 65–84. Springer Singapore, Singapore (2018).
4. Collier, Z.A., Hassler, M.L., Lambert, J.H., DiMase, D., Linkov, I.: Supply Chains. In: Kott, A., Linkov, I. (eds.) *Cyber Resilience of Systems and Networks*, vol. 2, pp. 447–462. Springer International Publishing, Cham (2019)
5. Pecht, M.: The Counterfeit Electronics Problem. *JSS* **01**(07), 12–16 (2013).
6. DiMase, D., Collier, Z.A., Carlson, J., Gray, R.B., Linkov, I.: Traceability and Risk Analysis Strategies for Addressing Counterfeit Electronics in Supply Chains for Complex Systems. *Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis* **36**(10), 1834–1843 (2016).
7. Machado, S.M., Paiva, E.L., da Silva, E.M.: Counterfeiting: addressing mitigation and resilience in supply chains. *Int Jnl Phys Dist & Log Manage* **48**(2), 139–163 (2018).
8. Guin, U., Huang, K., DiMase, D., Carulli, J.M., Tehranipoor, M., Makris, Y.: Counterfeit Integrated Circuits: A Rising Threat in the Global Semiconductor Supply Chain. *Proc. IEEE* **102**(8), 1207–1228 (2014).
9. Yousuf, S., Svetinovic, D.: Blockchain Technology in Supply Chain Management: Preliminary Study. *International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS)* **6**, 537–538 (2019). doi: 10.1109/IOTSMS48152.2019.8939222.
10. Hinckeldeyn, J.: *Blockchain-Technologie in der Supply Chain. Einführung und Anwendungsbeispiele. essentials*. Springer, Wiesbaden (2019). doi: 10.1007/978-3-658-26440-6
11. Subramanian, N., Chaudhuri, A., Kayıkcı, Y. (eds.): *Blockchain and Supply Chain Logistics*. Springer International Publishing, Cham (2020)
12. Wu, H., Cao, J., Yang, Y., Tung, C.L., Jiang, S., Tang, B., Liu, Y., Wang, X., Deng, Y.: Data Management in Supply Chain Using Blockchain: Challenges and a Case Study. *International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)* **28**, 1–8 (2019). doi: 10.1109/ICCCN.2019.8846964
13. Gentemann, L.: *Blockchain in Deutschland – Einsatz, Potenziale, Herausforderungen* (2019). www.bitkom.org. Accessed 2019/10/10
14. Nakamoto, S.: *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System* (2008). <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Accessed 2019/10/20
15. Buterin, V.: *Ethereum White Paper: A Next Generation Smart Contract & Decentralized*

Application Platform

- (2013). https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum_white_paper_a_next_generation_smart_contract_and_decentralized_application_platform-vitalik-buterin.pdf. Accessed 20.10.19
16. Lee, D.K.C., Deng, R.H. (eds.): ChinaTech, mobile security, and distributed ledger. Handbook of blockchain, digital finance, and inclusion. Academic Press, London (2018)
17. Lu, Q., Xu, X.: Adaptable Blockchain-Based Systems: A Case Study for Product Traceability. *IEEE Softw.* **34**(6), 21–27 (2017). doi: 10.1109/MS.2017.4121227
18. Gartner: Gartner 2019 Hype Cycle for Blockchain Business Shows Blockchain Will Have a Transformational Impact across Industries in Five to 10 Years (2019). <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-09-12-gartner-2019-hype-cycle-for-blockchain-business-shows>. Accessed 2020/07/28
19. Snyder, H.: Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research* **104**, 333–339 (2019). doi: 10.1016/j.jbusres.2019.07.039
20. Armitage, A., Keeble-Allen, D.: Undertaking a Structured Literature Review or Structuring a Literature Review: Tales from the Field. *The Electronic Journal of Business Research Methods* **6**(2), 103–114 (2008)
21. Barratt, M., Oke, A.: Antecedents of supply chain visibility in retail supply chains: A resource-based theory perspective. *Journal of Operations Management* **25**(6), 1217–1233 (2007). doi: 10.1016/j.jom.2007.01.003
22. Doorey, D.: The Transparent Supply Chain: from Resistance to Implementation at Nike and Levi-Strauss. *Journal of Business Ethics*(103), 587–603 (2011). doi: 10.1007/s10551-011-0882-1
23. Khan, S.A.R., Yu, Z.: Strategic supply chain management. *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*. Springer, Cham (2019). doi: 10.1007/978-3-030-15058-7
24. Miehle, D., Henze, D., Seitz, A., Luckow, A., Bruegge, B.: PartChain: A Decentralized Traceability Application for Multi-Tier Supply Chain Networks in the Automotive Industry. *International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPCON)*, 140–145 (2019). doi: 10.1109/DAPPCON.2019.00027
25. Hinckeldeyn, J., Jochen, K.: (Short Paper) Developing a Smart Storage Container for a Blockchain-Based Supply Chain Application. *Crypto Valley Conference*, 97–100 (2018). doi: 10.1109/CVCBT.2018.00017

26. Malik, S., Kanhere, S.S., Jurdak, R.: ProductChain: Scalable Blockchain Framework to Support Provenance in Supply Chains. *International Symposium on Network Computing and Applications (NCA)* **17**, 1–10 (2018). doi: 10.1109/NCA.2018.8548322
27. Wang, K., Zhang, Z., Kim, H.S.: ReviewChain: Smart Contract Based Review System with Multi-Blockchain Gateway. *IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, 1521–1526 (2018). doi: 10.1109/Cybermatics_2018.2018.00256
28. Pham, H.L., Tran, T.H., Nakashima, Y.: Practical Anti-Counterfeit Medicine Management System Based on Blockchain Technology. *Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference (TIMES-iCON)* **4**, 1–5 (2019). doi: 10.1109/TIMES-iCON47539.2019.9024674
29. Arena, A., Bianchini, A., Perazzo, P., Vallati, C., Dini, G.: BRUSCHETTA: An IoT Blockchain-Based Framework for Certifying Extra Virgin Olive Oil Supply Chain. *IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)* **7**, 173–179 (2019). doi: 10.1109/SMARTCOMP.2019.00049
30. Weirong Sun, Xinhua Zhu, Tong Zhou, Yan Su, Bing Mo: Application of Blockchain and RFID in Anti counterfeiting Traceability of Liquor. *IEEE International Conference on Computer and Communications* **5** (2019)
31. Zhang, X., Sun, P., Xu, J., Wang, X., Yu, J., Zhao, Z., Dong, Y.: Blockchain-Based Safety Management System for the Grain Supply Chain. *IEEE Access* **8**, 36398–36410 (2020). doi: 10.1109/ACCESS.2020.2975415
32. Tsang, Y.P., Choy, K.L., Wu, C.H., Ho, G.T.S., Lam, H.Y.: Blockchain-Driven IoT for Food Traceability With an Integrated Consensus Mechanism. *IEEE Access* **7**, 129000–129017 (2019). doi: 10.1109/ACCESS.2019.2940227
33. Bocek, T., Rodrigues, B.B., Strasser, T., Stiller, B.: Blockchains everywhere - a use-case of blockchains in the pharma supply-chain. *IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM)*, 772–777 (2017). doi: 10.23919/INM.2017.7987376
34. Jiang, X., Wang, X.: Shang liang Taste. *Rural Economy and Science* (2018)
35. Jensen, T., Hedman, J., Henningsson, S.: How TradeLens Delivers Business Value With Blockchain Technology. *MISQE* **18**(4), 221–243 (2019). doi: 10.17705/2msqe.00018

36. Gorodnichev, M.G., Nazarova, A.N., Moseva, M.S.: Development of Platform for Confirming and Storing Supply Data Using Blockchain Technology. International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS) **2019**, 182–185. doi: 10.1109/ITQMIS.2019.8928389
37. Reimers, T., Leber, F., Lechner, U.: Integration of Blockchain and Internet of Things in a Car Supply Chain. IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPCON), 146–151 (2019). doi: 10.1109/DAPPCON.2019.00028
38. Lu, D., Moreno-Sanchez, P., Zeryihun, A., Bajpayi, S., Yin, S., Feldman, K., Kosofsky, J., Mitra, P., Kate, A.: Reducing Automotive Counterfeiting Using Blockchain: Benefits and Challenges. IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPCON), 39–48 (2019). doi: 10.1109/DAPPCON.2019.00015
39. Niya, S.R., Dordevic, D., Nabi, A.G., Mann, T., Stiller, B.: A Platform-independent, Generic-purpose, and Blockchain-based Supply Chain Tracking. IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC) **2019**, 11–12. doi: 10.1109/BLOC.2019.8751415
40. Qu, F., Haddad, H., Shahriar, H.: Smart Contract-Based Secured Business-to-Consumer Supply Chain Systems. IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain) **2019**, 580–585. doi: 10.1109/Blockchain.2019.00084
41. Toyoda, K., Mathiopoulos, P.T., Sasase, I., Ohtsuki, T.: A Novel Blockchain-Based Product Ownership Management System (POMS) for Anti-Counterfeits in the Post Supply Chain. IEEE Access **5**, 17465–17477 (2017). doi: 10.1109/ACCESS.2017.2720760
42. Koirala, R., Dahal, K., Matalonga, S., Rijal, R.: A Supply Chain Model with Blockchain-Enabled Reverse Auction Bidding Process for Transparency and Efficiency. International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications (SKIMA) **13** (2019). doi: 10.1109/SKIMA47702.2019.8982476
43. Shi, J., Yi, D., Kuang, J.: Pharmaceutical Supply Chain Management System with Integration of IoT and Blockchain Technology. In: Qiu, M. (ed.) Smart Blockchain, vol. 11911. Lecture Notes in Computer Science, pp. 97–108. Springer International Publishing, Cham (2019). doi: 10.1007/978-3-030-34083-4_10

44. Huang, H., Zhou, X., Liu, J.: Food Supply Chain Traceability Scheme Based on Blockchain and EPC Technology. In: Qiu, M. (ed.) Smart Blockchain, vol. 11911. Lecture Notes in Computer Science, pp. 32–42. Springer International Publishing, Cham (2019). doi: 10.1007/978-3-030-34083-4_4
45. Zhao, R.: An Empirical Analysis of Supply Chain BPM Model Based on Blockchain and IoT Integrated System. In: Ni, W., Wang, X., Song, W., Li, Y. (eds.) Web Information Systems and Applications, vol. 11817. Lecture Notes in Computer Science, pp. 539–547. Springer International Publishing, Cham (2019). doi: 10.1007/978-3-030-30952-7_54
46. Westerkamp, M., Victor, F., Küpper, A.: Tracing manufacturing processes using blockchain-based token compositions. Digital Communications and Networks (2019). doi: 10.1016/j.dcan.2019.01.007
47. Kamath, R.: Food Traceability on Blockchain: Walmart’s Pork and Mango Pilots with IBM. The JBBA 1(1), 1–12 (2018). doi: 10.31585/jbba-1-1-(10)2018
48. Toma, C., Talpiga, B., Boja, C., Popa, M., Iancu, B., Zurini, M.: Secure IoT Supply Chain Management Solution Using Blockchain and Smart Contracts Technology. In: Lanet, J.-L., Toma, C. (eds.) Innovative Security Solutions for Information Technology and Communications, vol. 11359. Lecture Notes in Computer Science, pp. 288–299. Springer International Publishing, Cham (2019). doi: 10.1007/978-3-030-12942-2_22
49. Gao, K., Liu, Y., Xu, H., Han, T.: Hyper-FTT: A Food Supply-Chain Trading and Traceability System Based on Hyperledger Fabric. Communications in Computer and Information Science, 648–661 (2020). doi: 10.1007/978-981-15-2777-7_53
50. Pandey, P., Litoriya, R.: Securing E-health Networks from Counterfeit Medicine Penetration Using Blockchain. Wireless Pers Commun (2020). doi: 10.1007/s11277-020-07041-7
51. Tönnissen, S., Teuteberg, F.: Using Blockchain Technology for Business Processes in Purchasing – Concept and Case Study-Based Evidence. In: Abramowicz, W., Paschke, A. (eds.) Business Information Systems, vol. 320. Lecture Notes in Business Information Processing, pp. 253–264. Springer International Publishing, Cham (2018). doi: 10.1007/978-3-319-93931-5_18
52. Baralla, G., Ibba, S., Marchesi, M., Tonelli, R., Missineo, S.: A Blockchain Based System to Ensure

Transparency and Reliability in Food Supply Chain. In: Mencagli, G., B. Heras, D., Cardellini, V., Casalicchio, E., Jeannot, E., Wolf, F., Salis, A., Schifanella, C., Manumachu, R.R., Ricci, L., Beccuti, M., Antonelli, L., Garcia Sanchez, J.D., Scott, S.L. (eds.) Euro-Par 2018: Parallel Processing Workshops, vol. 11339. Lecture Notes in Computer Science, pp. 379–391. Springer International Publishing, Cham (2019). doi: 10.1007/978-3-030-10549-5_30

53. Desai, S., Deng, Q., Wellsandt, S., Thoben, K.-D.: An Architecture of IoT-Based Product Tracking with Blockchain in Multi-sided B2B Platform. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 458–465 (2019). doi: 10.1007/978-3-030-30000-5_57

54. Mao, D., Hao, Z., Wang, F., Li, H.: Novel Automatic Food Trading System Using Consortium Blockchain. Arab J Sci Eng **44**(4), 3439–3455 (2019). doi: 10.1007/s13369-018-3537-z

55. Caro, M.P., Ali, M.S., Vecchio, M., Giaffreda, R.: Blockchain-based traceability in Agri-Food supply chain management: A practical implementation. IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture - Tuscany (IOT Tuscany), 1–4 (2018). doi: 10.1109/IOT-TUSCANY.2018.8373021

56. Jing Hua, Xiujuan Wang, Mengzhen Kang, Haoyu Wang, Fei-Yue Wang: 2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). IEEE, Piscataway, NJ (2018)

57. Shahid, A., Almogren, A., Javaid, N., Al-Zahrani, F.A., Zuair, M., Alam, M.: Blockchain-Based Agri-Food Supply Chain: A Complete Solution. IEEE Access **8**, 69230–69243 (2020). doi: 10.1109/ACCESS.2020.2986257

58. Salah, K., Nizamuddin, N., Jayaraman, R., Omar, M.: Blockchain-Based Soybean Traceability in Agricultural Supply Chain. IEEE Access **7**, 73295–73305 (2019). doi: 10.1109/ACCESS.2019.2918000

59. Bencic, F.M., Skocir, P., Zarko, I.P.: DL-Tags: DLT and Smart Tags for Decentralized, Privacy-Preserving, and Verifiable Supply Chain Management. IEEE Access **7**, 46198–46209 (2019). doi: 10.1109/ACCESS.2019.2909170

60. Guggenberger, T., Schweizer, A., Urbach, N.: Improving Interorganizational Information Sharing for Vendor Managed Inventory: Toward a Decentralized Information Hub Using Blockchain Technology. IEEE Trans. Eng. Manage., 1–12 (2020). doi: 10.1109/TEM.2020.2978628

61. Mondal, S., Wijewardena, K.P., Karuppuswami, S., Kriti, N., Kumar, D., Chahal, P.: Blockchain Inspired RFID-Based Information Architecture for Food Supply Chain. IEEE Internet Things J. **6**(3),

5803–5813

(2019). doi: 10.1109/JIOT.2019.2907658

62. Wang, S., Li, D., Zhang, Y., Chen, J.: Smart Contract-Based Product Traceability System in the Supply Chain

Scenario. *IEEE Access* **7**, 115122–115133 (2019). doi: 10.1109/ACCESS.2019.2935873

63. Lin, Q., Wang, H., Pei, X., Wang, J.: Food Safety Traceability System Based on Blockchain and EPCIS. *IEEE*

Access **7**, 20698–20707 (2019). doi: 10.1109/ACCESS.2019.2897792

64. Hasan, H.R., Salah, K.: Blockchain-Based Proof of Delivery of Physical Assets With Single and Multiple

Transporters. *IEEE Access* **6**, 46781–46793 (2018). doi: 10.1109/ACCESS.2018.2866512

65. Lucena, P., Binotto, A., Da Silva Momo, F., Kim, H.: A Case Study for Grain Quality Assurance Tracking

based on a Blockchain Business Network. *Symposium on Foundations and Applications of Blockchain* (2018)

66. Zhang, C., Wang, B., Deng, W.: Design of supply chain traceability system based on sidechain technology.

Computer Engineering **45**(11), 1–8 (2019)

67. Chohan, U.: Blockchain and the Extractive Industries: Cobalt Case Study. *SSRN Journal* (2018). doi:

10.2139/ssrn.3138271

68. Watanabe, H., Ishida, T., Ohashi, S., Fujimura, S., Nakadaira, A., Hidaka, K., Kishigami, J.: Enhancing

Blockchain Traceability with DAG-Based Tokens. *International Conference on Blockchain (Blockchain)*,

220–227 (2019). doi: 10.1109/Blockchain.2019.00036